

Bárbara de Aguiar Dutra

**INUNDAÇÕES E INFLUÊNCIA DAS VARIABILIDADES DE  
BAIXA FREQUÊNCIA NAS REGIÕES DE COPIAPÓ  
(ATACAMA, CHILE) E ITAJAÍ (SANTA CATARINA, BRASIL).**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Geografia.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Magaly Mendonça (*in memoriam*).

Coorientador: Prof. Dr. Alberto Elvino Franke.

Florianópolis  
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Dutra, Bárbara de Aguiar

Inundações e influência das variabilidades de baixa frequência nas regiões de Copiapó (Atacama, Chile) e Itajaí (Santa Catarina, Brasil) / Bárbara de Aguiar Dutra ; orientadora, Magaly Mendonça (in memoriam), orientador, Rosemy da Silva Nascimento, coorientador, Alberto Elvino Franke , 2017.

177 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Geografia. 2. Inundações. 3. Variabilidades. 4. Climatologia. 5. Oceano. I. Mendonça (in memoriam), Magaly . II. da Silva Nascimento, Rosemy. III. Elvino Franke , Alberto. IV. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Geografia. V. Título.

Bárbara de Aguiar Dutra

**INUNDAÇÕES E INFLUÊNCIA DAS VARIABILIDADES DE  
BAIXA FREQUÊNCIA NAS REGIÕES DE COPIAPÓ  
(ATACAMA, CHILE) E ITAJAÍ (SANTA CATARINA, BRASIL).**

Esta dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Geografia” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Florianópolis, 21 de março de 2017.

---

Prof. Aloysio Marthins de Araújo Junior, Dr.  
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Geografia  
UFSC

**Banca examinadora:**

---

Prof<sup>ª</sup>. Rosemy da Silva Nascimento, Dr<sup>ª</sup>.  
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

---

Prof<sup>º</sup> Rosandro Boligon Minuzzi, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

---

Prof<sup>º</sup> Maurici Amantino Monteiro, Dr.  
Universidade do Sul de Santa Catarina (UNISUL)

---

Prof<sup>º</sup> Hugo Romero Aravena, Dr.  
Universidad de Chile (FAU)



Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais, Ricardo e Ana Regina. Dedico também a orientadora e amiga, Magaly Mendonça (*in memoriam*)



## AGRADECIMENTOS

Inicialmente agradeço a Deus, pelo dom da vida, pelos momentos de amparo, e por me fazer ser essa pessoa cheia de fê.

Aos meus pais, Ricardo e Ana Regina, agradeço por ter vocês dois como meus maiores mestres, obrigada por mais uma vez acreditarem em mim, deixando com que eu fizesse as minhas escolhas, e sempre, independente do que ou porque, me abraçaram e estiveram comigo.

A Izabel (*in memoriam*), não há se quer um dia nessa vida que eu não pense em ti. Obrigada pela chance de te conhecer, por todo o cuidado que demonstrou comigo ao longo da minha infância, e sei que mesmo longe continua me protegendo.

A minha orientadora, Professora Magaly Mendonça (*in memoriam*), lembro bem da primeira vez que a contatei por e-mail e quando me convidou para participar das reuniões no Laboratório de Climatologia. Quando cheguei ao LabClima me senti acolhida e abraçada, cada reunião e momento compartilhado despertou em mim o desejo de continuar com essa temática como pesquisa e estudo. A oportunidade em trabalhar e ser orientada por ti foi única, no meu coração sempre terá um cantinho especial por cada atenção que você me deu, pelas orientações em sua casa. Sou muito grata por me aceitar, pela ajuda, disponibilidade, e principalmente por entrar nessa aventura comigo. A Professora sempre será para todos nós do grupo um exemplo de força e garra, que mesmo naqueles momentos difíceis não podemos deixar enfraquecer, que lutou e deixará saudades. Além de nossa orientadora sempre foi nossa amiga. O seu sorriso doce estará em minhas memórias.

Ao Professor Alberto Franke que esteve ao meu lado e dos demais colegas do Laboratório de Climatologia Aplicada, que sempre nos amparou, nos mostrou rumos, e estendeu a mão para mais uma etapa.

A Professora Rosemy Nascimento pela acolhida no fim dessa caminhada.

Ao Germano meu companheiro diário, desculpa pelos momentos de impaciência, de cansaço, de fraqueza. Quero mais uma vez te agradecer por ser meu grande amigo, entender as minhas neuras, por me dar espaço, e estar comigo em mais uma etapa de minha vida.

Ao Maikon Passos Amilton Alves e o Rafael Brito Silveira, ter vocês dois como companheiros de laboratório, de disciplinas, de mestrado foi uma experiência única. Duas pessoas tão diferentes entre si, mas especiais em ambas as formas, obrigada por me aceitarem e ajudar nesse período de mestrado. Além disso, agradeço a todo o pessoal do Laboratório de Climatologia Aplicada (LABCLIMA) e do Grupo de

Estudos de Desastres Socionaturais (GEDN) do Departamento de Geociências pelos anos de história, de conhecimento compartilhado, de reuniões e encontros.

Não poderia esquecer dos meus amigos do coração, do Ribeirão e de velhos tempos, vocês são de outro planeta, cada um com a sua qualidade, pessoas especiais e magníficas, agradeço por tantos momentos e histórias já vividas.

As minhas amigas da graduação que permaneceram apesar do distanciamento e caminhos diferentes que foram trilhados com a mesma atenção, troca de conhecimentos, vivência, alegria e conversas. Ainda bem que a tecnologia facilita e diminuí a distância entre nós.

Aos meus avós, Dona Tereza e Seu Aldo, obrigado por cuidar tão bem de mim e dos outros netos, por sempre nos receber com a melhor comida, abraços e beijos. A minha família, primos (as), tios (as), família Gesser (sogros e cunhados) e aos agregados pelo companheirismo, dedicação, causos e boas risadas.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Programa Demanda Social (CAPES -DS) - pela bolsa de mestrado cedida no período de dois anos, de extrema importância, tornando esse trabalho oficialmente concluído.

Agradeço aos Professores do Programa de Pós-Graduação e do Departamento de Geociências pelas disciplinas oferecidas, artigos, ensinamentos, principalmente pela sabedoria repartida contribuindo para a minha formação como Mestre em Geografia.

Enfim a todos que puderam de uma maneira ou de outra participar para que minha aspiração ao mestrado fosse possível, aqueles que acreditaram em mim, em algumas situações até mais do que eu, sem a ajuda de cada um não estaria mais uma vez com mais uma conquista na mão e um sorriso no rosto.

“Descobri como é bom chegar quando se tem paciência. E para se chegar, onde quer que seja, aprendi que não é preciso dominar a força, mas a razão. É preciso, antes de mais nada, querer. ”  
(Amir Klynk)



## RESUMO

Inundações são processos naturais em decorrência a chuvas abundantes ou de longa duração. O objetivo geral deste estudo é analisar as inundações em Itajaí e Copiapó entre 1980 e 2011, considerando os casos de maior impacto e a influência das variabilidades. Nesse trabalho analisaram-se os municípios de Itajaí localizado no litoral de Santa Catarina, Brasil, e a cidade de Copiapó na província de Copiapó, Chile, envolvidas pelos Oceanos Atlântico e Pacífico, respectivamente. As variabilidades de baixa frequência como El Niño, La Niña, Oscilação Antártica e Decadal do Pacífico interferem diretamente sobre o clima. Utilizaram-se dados de precipitação da cidade de Itajaí e Copiapó obtidos na National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Para o levantamento dos episódios em Copiapó empregaram-se os Anuários Meteorológicos e boletins anuais do Medio Ambiente, as adversidades em Itajaí foram identificadas nos AVADANS e decretos. Ainda se produziu imagens de TSM para o Oceano Pacífico e Atlântico a partir do Grids Analysis and Display System (GrADS). As variabilidades de baixa frequência atuam sobre os eventos de inundações, especialmente nos casos de 1983 e 1997, quando o fenômeno El Niño Oscilação Sul se encontrava na fase positiva. Em 1984, 2008 e 2011 o fenômeno esteve na fase neutra e/ou de La Niña, sendo o volume de chuvas resultado de outros fatores. As variabilidades atuam sobre as precipitações, mas não são os únicos fatores, por isso deve-se analisar a situação destacando quais sistemas estiveram presentes naquele período, como os vórtices, as frentes, o anticiclone, a circulação marítima, e relevo. Em Itajaí o maior número de inundações bruscas ocorreu no mês de janeiro e para Copiapó em junho e julho. Os episódios com totais de precipitação elevados foram registrados em julho de 1983 e novembro de 2008 para Itajaí, em junho e agosto de 1997 e junho de 2011 para Copiapó. As temperaturas dos Oceanos Atlântico e Pacífico apresentaram comportamento padrão ao longo do ano, sendo maiores nas estações de verão e menores no inverno, considerando que as mesmas foram superiores no Atlântico. Já as correlações entre as temperaturas do mar e as precipitações mostram que os totais acumulados de chuvas possuem relação quando se trata de Itajaí, diferente de Copiapó, aonde os volumes podem ser esclarecidos por diversas características.

**Palavras-chave:** Precipitação. Oceano. Temperatura. Clima.



## ABSTRACT

Floods can be considered natural process in the response to abundant rains or long term. The subject of this study is to analyze the occurrence of floods in Itajaí and Copiapó between 1980 until 2011, considering the cases of larger impact and the tenacity of variability. In this project, the subject deepened in two areas, the city of Itajaí localized in coastal in the state of Santa Catarina, Brazil, and Copiapó located in the province of Copiapó, Chile, surrounded by the Atlantic and Pacific oceans, respectively. The low frequency variability like El Niño, La Niña, Antarctic Oscillation and Pacific Decadal intervene directly in the climate. For this purpose, rainfall data in the city of Itajaí and Copiapó granted by National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) were used. For the collect of inundations and alluvium in Copiapó were utilized the weather annuals, and the adversity in Itajaí collected through the AVADANS decree. Still developed reanalysis of SST about the Pacific and Atlantic Ocean using the software Grid Analysis and Display System (GrADS). The low frequency variability act about the inundation events, especially in the cases of 1983 and 1997, in those years the phenomenon El Niño Southern Oscillation was in the positive phase. In the years like 1984, 2008 and 2011 the phenomenon was in the neutral phase with tendency to La Niña, and the rainfall can be explained by others factors. The variability intervenes in part about precipitation, but are not the only factors, must have to analyze the situation as a whole, and from this point highlight which the systems were present at that time, like the vortices, frontal systems, the anticyclone, ocean circulation and relief. In city of Itajaí the biggest number of floods occurred in January and Copiapó happens in June and July. The highest total monthly precipitations for Itajaí were in July of 1983 and November of 2008, in Copiapó during June and August of 1997 and June of 2011. The temperatures of Atlantic and Pacific Oceans provide a default behavior throughout the year, with higher temperatures in the summer and lower in winter seasons, considering that they were higher in the Atlantic. The correlation between temperatures and precipitation show that cumulative rainfall has relationship when it comes to Itajaí, different than Copiapó, also can be explained by other characteristics.

**Keywords:** Precipitation. Ocean. Temperatures. Climate.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização das cidades de Itajaí (Santa Catarina) e Copiapó (Província de Copiapó).....	31
Figura 2: Precipitação para o Município de Itajaí.....	33
Figura 3: Precipitação para a Cidade de Copiapó.....	35
Figura 4: Causa e fator determinantes das inundações por década no período entre 1900 – 2012 para o litoral chileno, distribuído entre as 15 regiões administrativas.....	37
Figura 5: Representação do Giro Subtropical do Atlântico Sul e da Corrente do Brasil.....	53
Figura 6: Massas d'água que circundam a costa brasileira nas regiões sul e sudeste.....	53
Figura 7: Representação das regiões influenciadas pela corrente de Humboldt e fenômeno de ressurgência.....	55
Figura 8: Representação de enchente e inundação.....	58
Figura 9: Ocorrência do El Niño no trimestre de Dezembro, Janeiro e Fevereiro.....	61
Figura 10: Ocorrência da La Niña no trimestre de dezembro, janeiro e fevereiro.....	61
Figura 11: Representação da região Niño 3.4.....	62
Figura 12: Circulação atmosférica em condições normais e de El Niño.....	66
Figura 13: Modo Anular Sul ou OAA.....	68
Figura 14: Representação das fases da Oscilação Decadal do Pacífico.....	69
Figura 15: Precipitação mensal para Itajaí em 1983.....	88
Figura 16: Reanálise de precipitação total mensal em julho de 1983 para o sul do Brasil.....	89
Figura 17: Cotas mensais médias registradas no Rio Itajaí-Açú em 1983 e suas respectivas médias históricas e cotas máximas mensais, para três localidades da Bacia, (A) para Blumenau, (B) para Rio do Sul e (C) para Indaial.....	90
Figura 18: Precipitação mensal para a cidade Copiapó em 1983.....	91
Figura 19: Reanálise de precipitação em julho de 1983 para Região do Atacama.....	91
Figura 20: Precipitação mensal para o município de Itajaí em 1984.....	92
Figura 21: Reanálise de precipitação total em agosto de 1984 para o Sul do Brasil.....	93
Figura 22: Cotas mensais médias registradas no Rio Itajaí-Açú em 1984 e suas respectivas médias históricas e cotas máximas mensais, para três	

localidades da Bacia, (A) para a cidade de Blumenau, (B) para Rio do Sul e (C) para Indaial .....	94
Figura 23: Reanálise de precipitação total para julho de 1984 para Região do Atacama. ....	95
Figura 24: Precipitação mensal para a cidade de Copiapó em 1984. ....	95
Figura 25: Imagem do satélite GOES-8 do dia 22 de janeiro de 1997. ....	96
Figura 26: Reanálise de precipitação total em janeiro de 1997 para o Sul do Brasil. ....	96
Figura 27: Precipitação mensal para o município de Itajaí em 1997. ....	97
Figura 28: Cotas mensais médias registradas no Rio Itajaí-Açú em 1997 e suas respectivas médias históricas e cotas máximas mensais para as localidades de Blumenau (A), Rio do Sul (B) e Indaial (C). ....	98
Figura 29: Precipitação mensal para a cidade de Copiapó em 1997. ....	99
Figura 30: Reanálises de precipitação para junho e agosto de 1997 para Região do Atacama. ....	99
Figura 31: Precipitação mensal para o município de Itajaí em 2008. ....	101
Figura 32: Cotas mensais médias registradas no Rio Itajaí-Açú em 2008 e suas respectivas médias históricas e cotas máximas mensais, para as localidades de Blumenau (A), Rio do Sul (B) e Indaial (C). ....	103
Figura 33: Escoamento em altos níveis (200 hPa) em 21 de novembro de 2008, indicando a posição e magnitude média do jato subtropical (em m/s), quando foi notada sua maior magnitude sobre a AS. ....	105
Figura 34: Reanálise de precipitação para julho de 2008 para Região do Atacama. ....	105
Figura 35: Precipitação mensal para a cidade de Copiapó em 2008. ....	106
Figura 36: Precipitação mensal para o município de Itajaí em 2011. ....	108
Figura 37: Reanálise de precipitação total em setembro de 2011 para o Sul do Brasil. ....	109
Figura 38: Cotas mensais médias registradas no Rio Itajaí-Açú em 2011 e suas respectivas médias históricas e cotas máximas mensais, para localidades de Blumenau (A), Rio do Sul (B) e Indaial (C). ....	110
Figura 39: Jato subtropical no dia 08 de setembro de 2011 e sua magnitude de 70 m/s. ....	111
Figura 40: Atuação do jato subtropical no dia 08 de setembro de 2011. ....	112
Figura 41: Precipitação total para a cidade de Copiapó em 2011. ....	112
Figura 42: Reanálise de precipitação total em julho de 2011 para Região do Atacama. ....	113
Figura 43: Precipitação em Itajaí e Copiapó relacionado às variabilidades Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e Oscilação Antártica (OAA) em 1983. ....	116

Figura 44: Anomalia da temperatura superficial do mar para agosto de 1984.....	117
Figura 45: Precipitação em Itajaí e Copiapó relacionado às variabilidades Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e Oscilação Antártica (OAA) em 1984.....	119
Figura 46: Anomalias da temperatura superficial do mar para as regiões do Niño em 1996 e 1997.....	120
Figura 47: Precipitação em Itajaí e Copiapó relacionado às variabilidades Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e Oscilação Antártica (OAA) em 1997.....	122
Figura 48: Evolução das anomalias de temperatura superficial do mar (°C) nas regiões do Niño4 (5°N - 5°S, 160°E - 150°W), Niño 3.4 (5°N - 5°S, 170° - 120°W), Niño3(5°N - 5°S, 150° - 90°W) e Niño 1+2 (0° - 10°s, 90° - 80°W).....	123
Figura 49: Precipitação em Itajaí e Copiapó relacionado às variabilidades Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e Oscilação Antártica (OAA) em 2008.....	124
Figura 50: Anomalias com intervalos entre as isotermas de 0,5°C para as anomalias de até 1°C.....	125
Figura 51: Precipitação em Itajaí e Copiapó relacionado às variabilidades Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e Oscilação Antártica (OAA) em 2011.....	127
Figura 52: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de janeiro a abril em 1983.....	128
Figura 53: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de maio a agosto em 1983.....	129
Figura 54: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de setembro a dezembro em 1983.....	129
Figura 55: Temperatura Superficial do Mar para os Oceanos Atlântico e Pacífico em 1983.....	130
Figura 56: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de janeiro a abril em 1984.....	131
Figura 57: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de maio a agosto em 1984.....	131
Figura 58: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de setembro a dezembro em 1984.....	132
Figura 59: Temperatura Superficial do Mar para os Oceanos Atlântico e Pacífico em 1984.....	132
Figura 60: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de janeiro a abril em 1997.....	133
Figura 61: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de maio a agosto em 1997.....	134

Figura 62: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de setembro a dezembro em 1997.....	134
Figura 63: Temperatura Superficial do Mar para os Oceanos Atlântico e Pacífico em 1997.....	135
Figura 64: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de janeiro a abril em 2008.....	136
Figura 65: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de maio a agosto em 2008.....	136
Figura 66: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de setembro a dezembro em 2008.....	137
Figura 67: Temperatura Superficial do Mar para os Oceanos Atlântico e Pacífico em 2008.....	137
Figura 68: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de janeiro a abril em 2011.....	138
Figura 69: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de maio a agosto em 2011.....	138
Figura 70: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de setembro a abril em 2011.....	139
Figura 71: Temperatura Superficial do Mar para os Oceanos Atlântico e Pacífico em 2011.....	139
Figura 72: Correlação entre a média mensal da TSM do Oceano Pacífico e a precipitação total mensal em Copiapó entre 1981 até 2011.....	140
Figura 73: Relação entre a média mensal da TSM do Oceano Pacífico e a precipitação total mensal ocorrida em Copiapó entre 1981 até 1995.....	143
Figura 74: Relação entre a média mensal da TSM do Oceano Pacífico e a precipitação total mensal ocorrida em Copiapó entre 1996 até 2011.....	143
Figura 75: Correlação entre a TSM do Oceano Atlântico e a precipitação em Itajaí entre 1981 até 2011.....	144
Figura 76: Relação entre a TSM do Oceano Atlântico e a precipitação em Itajaí entre 1981 até 1995.....	146
Figura 77: Relação entre a TSM do Oceano Atlântico e a precipitação em Itajaí entre 1996 até 2011.....	146

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1: Episódios de eventos extremos relacionados às intensas precipitações encontrados em Itajaí entre 1980 e 2011.....	78
Quadro 2: Episódios de eventos extremos relacionados às intensas precipitações encontrados em Copiapó entre 1980 e 2011.....	83



## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Eventos de EÑ, LÑ e neutralidade entre 1980 e 2011.....	73
Tabela 2: Índice mensal da ODP no período de 1980 até 2011.....	74
Tabela 3: Índices mensais de OAA para 1980 até 2011.....	75



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAF- Água Antártica de Fundo  
ACAS - Água Central do Atlântico Sul  
AIA - Água Intermediária Antártica  
AN - América do Norte  
APAN - Água Profunda do Atlântico Norte  
AS - América do Sul  
ASAS - Alta Subtropical do Atlântico Sul  
ASPS - Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul  
AT- Água Tropical  
CB - Corrente do Brasil  
CCM - Complexo Convectivo de Mesoescala  
CM - Corrente das Malvinas  
CNB - Corrente do Norte do Brasil  
CPTEC/INPE- Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos  
CSE - Corrente Sul Equatorial  
ENOS - El Niño Oscilação Sul  
EPACRI/CIRAM - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina  
EÑ - El Niño  
HN - Hemisfério Norte  
HS - Hemisfério Sul  
INE- Instituto Nacional de Estadísticas  
IOS - Índice de Oscilação Sul  
JAN - Jatos de Altos Níveis  
JBN - Jatos de Baixos Níveis  
LÑ - La Niña  
MAS - Modo Anular Sul  
OAA - Oscilação Antártica  
ODP – Oscilação Decadal do Pacífico  
ONEMI - Ministerio Del Interior y Seguridad Pública  
OS - Oscilação Sul  
PMI - Prefeitura Municipal de Itajaí  
TSM - Temperatura Superficial do Mar  
VBF - Variabilidade de Baixa Frequência  
ZCAS - Zona de Convergência do Atlântico Sul  
ZCIT - Zona de Convergência Intertropical  
ZCPS - Zona de Convergência do Pacífico Sul



## SUMÁRIO

<b>1.</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>27</b>
1.1	OBJETIVOS.....	29
1.1.1	Objetivo geral.....	29
1.1.2	Objetivo específicos.....	30
<b>2.</b>	<b>LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES INVESTIGADAS.....</b>	<b>31</b>
2.1	MUNICÍPIO DE ITAJAÍ - SANTA CATARINA – BRASIL.....	31
2.2	CIDADE DE COPIAPÓ - PROVINCIA DE COPIAPÓ – CHILE.....	33
<b>3.</b>	<b>O CLIMA NUMA PERSPECTIVA MULTIESCALAR..</b>	<b>39</b>
3.1	OS CENTROS DE AÇÃO E MASSAS DE AR ATUANTES NA AMÉRICA DO SUL.....	39
3.1.1	Sistemas frontais.....	39
3.1.2	Bloqueios atmosféricos.....	40
3.1.3	Ciclones e ciclogêneses.....	41
3.1.4	Núcleo frio em altura.....	42
3.1.5	Baixas segregadas.....	42
3.1.6	Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM).....	42
3.1.7	Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).....	43
3.1.8	Zona De Convergência do Pacífico Sul (ZCPS).....	44
3.1.9	Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).....	44
3.1.10	Jatos de Altos Níveis (JAN).....	45
3.1.11	Jatos de Baixos Níveis (JBN).....	46
3.1.12	Alta da Bolívia.....	46
3.1.13	Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS).....	47
3.1.14	Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul (ASPS).....	47
3.1.15	Massas de ar e Frentes.....	48
3.1.16	Vórtices ciclônicos em altos níveis (VCAN).....	49
3.2	OS CONDICIONANTES FÍSICOS E DINÂMICOS DOS CLIMAS REGIONAIS.....	49
3.2.1	Região Sul do Brasil.....	49
3.2.2	Região do Atacama.....	50
3.2.3	Cordilheira dos Andes.....	51
3.3	AS CORRENTES MARÍTIMAS DOMINANTES NOS OCEANOS ATLÂNTICO SUL E PACÍFICO SUL.....	52
3.3.1	Corrente do Brasil e massas d'água.....	52
3.3.2	Corrente de Humboldt.....	54
<b>4.</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>57</b>

4.1	IDENTIFICAÇÃO DOS TIPOS DE EVENTOS CAUSADORES DE DESASTRES HIDROMETEOROLÓGICOS.....	57
4.1.1	Nevadas.....	57
4.1.2	Inundações.....	57
4.1.3	Aluvião.....	59
4.2	AS VARIABILIDADES DE BAIXA FREQUÊNCIA.....	60
4.2.1	El Niño Oscilação Sul (ENOS).....	60
4.2.2	Efeitos do El Niño no Brasil.....	63
4.2.3	Efeitos do El Niño no Chile.....	64
4.2.4	Oscilação Antártica (OAA).....	67
4.2.5	Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).....	68
5.	METODOLOGIA.....	71
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	77
6.1	IDENTIFICAÇÃO DOS EVENTOS EXTREMOS ENCONTRADOS ENTRE 1980 E 2011.....	77
6.2	CARACTERIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS EVENTOS: 1983, 1984, 1997, 2008 E 2011.....	88
6.2.1	Evento de 1983.....	88
6.2.2	Evento de 1984.....	91
6.2.3	Evento de 1997.....	95
6.2.4	Evento de 2008.....	100
6.2.5	Evento de 2011.....	108
6.3	RELAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NOS PRINCIPAIS CASOS DE INUNDAÇÕES COM OS ÍNDICES DE VARIABILIDADE DE BAIXA FREQUÊNCIA.....	114
6.3.1	Ano de 1983.....	114
6.3.2	Ano de 1984.....	117
6.3.3	Ano de 1997.....	119
6.3.4	Ano de 2008.....	122
6.3.5	Ano de 2011.....	124
6.4	ANÁLISE DAS TEMPERATURAS SUPERFICIAIS DOS OCEANOS ATLÂNTICO E PACÍFICO.....	127
6.5	RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA SUPERFICIAL DO MAR E PRECIPITAÇÃO.....	139
7.	CONCLUSÕES.....	147
8.	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	149
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	151
10.	ANEXOS.....	171

## 1. INTRODUÇÃO

A variabilidade climática é uma das principais responsáveis pelo aquecimento e/ou resfriamento anômalo da Temperatura Superficial do Mar (TSM). O El Niño Oscilação Sul (ENOS) está relacionado a variações físicas, oceanográficas e biológicas provocando alterações na distribuição das espécies (NOAA, s.d.).

O fenômeno El Niño está associado ao aquecimento anormal das águas superficiais no Oceano Pacífico Tropical. O ENOS é identificado por anomalias (positivas ou negativas) de TSM na região do Pacífico Equatorial, sendo sua caracterização feita a partir de índices explicado pela diferença de pressão entre duas regiões (Darwin e Tahiti), denominado de Índice de Oscilação Sul (IOS) (CPTEC/INPE, 2016).

As duas cidades se posicionam em latitudes subtropicais próximas a 27°S, na América do Sul (AS), em lado opostos do continente (leste e oeste), e contornadas por oceanos distintos, sendo o Pacífico caracterizado por corrente fria e o Atlântico pelas correntes quentes. Contudo a cidade de Itajaí apresenta um clima subtropical úmido das encostas orientais, enquanto Copiapó caracteriza-se pelo clima de deserto. Os fenômenos hidrometeorológicos causadores de inundações, alagamentos e aluviões estão presentes nas duas áreas.

Dentro do território do município de Itajaí encontram-se os Rios Itajaí-Açú e Itajaí-Mirim, os quais concentram os maiores volumes de água nas ocorrências de enchentes, produzindo aumento excessivo na vazão que prejudica a população em especial as ribeirinhas. Alguns episódios de enchentes ainda são influenciados pela maré alta, que impede o escoamento da água doce elevando o nível do rio próximo à foz. Banhada pelo Oceano Atlântico, a cidade assim como toda a costa do estado registra elevada umidade, com média de 80% devido ao forte desempenho da maritimidade.

A cidade de Copiapó tem como uma das suas características econômicas a atividade mineira, abrangendo grande parte da região do Atacama, a qual envolve 40% de todo o PIB regional, empregando mais de 10% de mão de obra direta. A mesma está localizada aproximadamente 80 km da costa. A zona costeira chilena tem importância na indústria pesqueira, e a atuação da temperatura superficial do mar pode alterar a biota e ecologia de espécies, sobretudo em países como Chile e Peru, onde segundo a FAO (2005) as exportações aquícolas cresceram de 64.595 mil toneladas em 1993 para 430.976 toneladas em 2004. O local ainda é determinado pelo clima desértico com a ocorrência mínima de chuva.

A enchente de 1983 umas das mais investigadas no Brasil causou prejuízos para todo o país, econômicos e sociais. Conforme HERRMANN (2001) nesse período a atuação do El Niño (EN) ocasionou seca severa na região nordeste e chuvas intensas na região sul do Brasil, com episódios calamitosos de enchentes em Santa Catarina, destacando as cidades situadas na Bacia do Rio Itajaí, como Blumenau, o qual registrou 50.000 desabrigados, atingindo 29,3% da população.

Os registros históricos apontam a região do Vale do Itajaí como àquela de maior incidência por episódios de enchentes em Santa Catarina. A catalogação das inundações iniciou-se a partir de 1850, e os principais eventos no Vale sucederam nos anos de 1880, 1911, 1927, 1957, 1983 e 1984. O número de enchentes é perceptível a partir de 1910, coincidindo com a expansão da colonização na bacia hidrográfica (FRANK, 1995).

Episódios de inundações são processos naturais que ocorrem periodicamente, resultado das chuvas de longa duração ou de forte intensidade. Os eventos de inundações e cheias estão atrelados a uma combinação de ações antrópicas ou naturais, destacando-se entre eles: relevo, particularidades do solo, precipitações, umidade, vegetação, uso e ocupação irregular nas planícies e margens, acúmulo de lixo (AMARAL; RIBEIRO, 2009). A enchente é descrita como um processo natural dos rios, ocorrendo quando suas águas saem da calha principal e ocupam áreas adjacentes, por conseguinte, alteram o leito do rio em épocas de níveis elevados de água. Os alagamentos, na sua maior parte, estão relacionados aos sistemas de drenagem ineficiente, acontecendo o acúmulo de água nos perímetros urbanos (DEFESA CIVIL DE SÃO BERNARDO DO CAMPO, 2011). Segundo Herrmann (2001) as situações de enchentes são intensificadas quando as obras públicas, moradias como loteamentos, construções de vias ou estradas, canalização e retificação dos canais são mal projetados, além do escoamento dos rios que são impedidos pelo lixo acumulado.

Os eventos meteorológicos extremos são um aspecto integrante da variabilidade climática, aonde a sua periodicidade e magnitude podem variar de acordo com a modulação do clima. Os desastres socionaturais tornaram-se mais intensos, como exemplo desses acontecimentos têm-se as enchentes de 1983, 1984, 2008 e 2011 e as estiagens em 2005 e 2006.

O interesse pela comparação entre as inundações ocorridas em Itajaí e Copiapó justifica-se pela possível relação que apresentam com o ENOS, embora não possam ser atribuídos a todos os eventos. Exceto por se encontrarem ao redor da mesma latitude de 27°S, em vales costeiros do continente sul americano, as cidades possuem climas distintos, principalmente em função das correntes marítimas, características e

trajetórias dos sistemas meteorológicos. O clima caracteriza os lugares, o conhecimento e entendimento de fenômenos meteorológicos passíveis de desencadear eventos causadores de desastres são importantes para prevenção e planejamento, para evitar ou mitigar futuras situações de riscos, incluindo catástrofes por inundações, enchentes e aluviões.

O objetivo principal dessa pesquisa é analisar as inundações ocorridas nas regiões de Itajaí (Santa Catarina, Brasil) e Copiapó (Província de Copiapó, Chile), no período de 1980 até 2011, identificando os eventos considerados mais importantes de acordo com a literatura e que envolvem fatores socionaturais, além de danos para as populações das duas regiões como os números de desabrigados, prejuízos nos setores econômicos, infraestrutura pública afetada, e ocorrência de processos como deslizamentos e desmoronamentos de encosta, alagamentos e enchentes. Assim pretende-se compreender a relação das variabilidades de baixa frequência sobre os eventos de inundações e como as temperaturas superficiais dos oceanos Atlântico e Pacífico podem influenciar nos totais pluviométricos nas distintas localidades.

Por isso o principal problema dessa pesquisa é: há alguma relação entre os sistemas atmosféricos e as variabilidades de baixa frequência que ao influenciarem nas precipitações resultem em eventos de inundações em ambas as regiões? Há alguma relação entre a variabilidade das temperaturas superficiais do mar nas costas e os totais pluviométricos registrados em ambas as cidades?

Partimos da seguinte hipótese: a ocorrência das inundações em Itajaí e Copiapó está além da influência exercida pela fase quente do fenômeno ENOS, podendo ser explicada pela sinergia de outras variabilidades como a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e Oscilação Antártica (OAA), bem como pela atuação desempenhada das temperaturas superficiais dos Oceanos Pacífico e Atlântico em ambas as costas.

## 1.1 OBJETIVOS

Nesse tópico são abordados os objetivos para essa pesquisa:

### 1.1.1 Objetivo geral

O objetivo geral deste estudo é analisar as inundações simultaneamente em Itajaí e Copiapó no período entre 1980 e 2011, e a influência dos sistemas atmosféricos, das variabilidades de baixa

frequência e das temperaturas superficiais dos oceanos Pacífico e Atlântico para a ocorrência das mesmas.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Identificar os episódios de inundações que ocorreram concomitantemente no período entre 1980 e 2011 nas regiões de Itajaí e Copiapó;
- Caracterizar os episódios de inundações de maior impacto nas duas regiões de estudo;
- Interpretar a atuação e a influência das variabilidades de baixa frequência (ENOS, ODP e OAA) e sistemas atmosféricos sobre os casos mais relevantes de inundações em Itajaí e Copiapó;
- Correlacionar às temperaturas superficiais dos oceanos Atlântico e Pacífico com os episódios de inundações em Itajaí e Copiapó, respectivamente.

## 2. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DAS REGIÕES INVESTIGADAS

### 2.1 MUNICÍPIO DE ITAJAÍ - SANTA CATARINA - BRASIL

O Município de Itajaí está localizado no litoral centro-norte do Estado de Santa Catarina, aproximadamente 100 km da capital Florianópolis, nas coordenadas 26°54'28''S e 48°39'43''W e possui área territorial de 288,274 km<sup>2</sup>. População em torno de 183.373 habitantes (IBGE, 2010). A cidade encontra-se na foz do Vale do Rio Itajaí aonde também deságua o Rio Itajaí-Mirim, no Oceano Atlântico.



Figura 1: Localização das cidades de Itajaí (Santa Catarina) e Copiapó (Província de Copiapó). Elaborado por: Bárbara Dutra e Cyntia Fernandes, 2015.

Considerada uma cidade média portuária na foz de uma região em franca urbanização. A economia está vinculada ao Porto, às indústrias de pescados e turismo. O complexo Portuário do Rio Itajaí-Açu é o segundo porto brasileiro com maior movimentação de cargas e contêineres, liderando o ranking entre os exportadores de congelados (PORTO DE ITAJAÍ, s.d.).

A segunda maior empresa internacional de alimentos encontra-se na cidade. A pesca é extremamente importante abrigando cerca de 50 empresas nesse ramo, as quais se concentram na indústria de processamento de pescados como atum, sardinha e camarão, totalizando uma frota de 500 barcos, o que corresponde a 20% da produção brasileira (PORTO DE ITAJAÍ, s.d.).

O turismo se destaca por praias como Cabeçadas, Brava, Amores, além da vegetação e parques protegidos como o da Ressacada e Atalaia, e a possibilidade de realização de trilhas e caminhadas ao encontro da vegetação de mata atlântica preservada. Conta com píer turístico possibilitando a atracação de cruzeiros marítimos internacionais todos os anos, elevando o número de turistas.

O Vale do Itajaí abrange uma região de 15.000 km<sup>2</sup>, e o Rio Itajaí, que percorre outras cidades chega ao Oceano. O rio Itajaí-Açú dividi os municípios de Itajaí e Navegantes e forma um estuário. Além de toda a importância econômica, por estar relacionado ao porto, pesca e turismo, o estuário é ecologicamente significativo para a zona costeira. Outros ribeirões fazem parte da hidrografia do município, como o Ribeirão Schneider (Bairro Fazenda), Ribeirão Caetana, Ribeirão da Murta, além dos rios Itajaí Mirim e Canhanduba.

O clima do Município é considerado mesotérmico úmido (PMI, 2016). As estações do ano são bem definidas, com temperatura média anual de 20,4°C, sendo os meses de junho, julho e agosto os mais frios e janeiro, fevereiro e março os mais quentes. Predominam ventos de fraca intensidade, com velocidade média mensal de 07 km/h, mais intensos no verão e primavera, observando direção sudoeste nos meses de fevereiro a julho, e de nordeste de agosto a janeiro (ARAÚJO, 2012 *apud* BEDIN, 2013). A pluviosidade média anual é de 1.596 mm (CLIMATE-DATA, s.d).

A figura 2 mostra a normal histórica para o Município de Itajaí no período compreendido entre 1980 e 2011, possibilitando a percepção dos meses com as maiores precipitações, janeiro e fevereiro, registrando entre 200 e 250 mm. Os menores volumes estão dispostos nos meses de junho e agosto, entre 90 e 100 mm, e total anual aproximado de 1.813 mm. Nesse caso utilizaram-se dados de precipitação pertencentes ao National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).



Figura 2: Precipitação para o Município de Itajaí. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2017.

A cidade dispõe do relevo formado por planície, depósitos de encosta, morros e montanhas, o relevo ainda apresenta altitudes moderadas não ultrapassando os 600 m (ARAÚJO, 2012 *apud* BEDIN, 2013). A maior parte da população está centrada em área plana caracterizada por processos agradacionais (processos predominantemente acumulativos/deposicionais), formada por sedimentos arenosos e argilosos de origem fluvial, continental e marinha.

Rochas antigas que completam parte do embasamento cristalino formam o litoral norte de Santa Catarina (BORGES, 2006). A formação do solo é resultado dos processos do clima subtropical úmido das encostas orientais sobre as rochas matrizes, e as categorias de rochas presentes no Vale do Itajaí são as poli metamórficas do Complexo Cristalino, que constituem o embasamento mais antigo denominado Grupo Tabuleiro, as epimetamórficas do Grupo Brusque e as rochas sedimentares do Grupo Itajaí. O Grupo Brusque apresenta uma sequência vulcano-sedimentar, tal qual posteriormente foi deformada e metamorfizada (CASTRO *et al.*, 2003) enquanto o Grupo Itajaí acompanha o curso do Rio Itajaí, contendo uma espessa pilha sedimentar composto por sequência basal de conglomerados, arcóseos e arenitos (BASEI *et al.*, 1999 *apud* CASTRO *et al.*, 2003).

Na planície costeira a vegetação é variada encontrando-se desde manguezais, restingas, praias, dunas até floresta de Mata Atlântica. As formações Serras do Mar e Geral se interpolam como uma barreira que divide o estado entre planície costeira e região do Planalto Central.

## 2.2 CIDADE DE COPIAPÓ - PROVINCÍA DE COPIAPÓ - CHILE

A cidade de Copiapó situa-se na margem sul do deserto do Atacama, nas coordenadas 27°20' S e 70°21' W, aproximadamente 800 km ao norte da capital Santiago.

A área de estudo encontra-se no centro da Bacia do Rio Copiapó, a qual tem uma superfície total de 18.047 km<sup>2</sup>. Considerada a capital da Região do Atacama e da Província, juntamente com as cidades de Caldera e Tierra Amarilla formam a Província de Copiapó (GEO COPIAPO, 2007).

A mesma localiza-se na zona conhecida como "norte chico", no qual os vales transversais começam a surgir a partir do desaparecimento do deserto do Atacama. Sua paisagem natural apresenta morfologia montanhosa que somada ao fator climático beneficia o turismo (GEO COPIAPÓ, 2007).

O Rio Copiapó ameniza as condições desérticas do local, já que o clima é dito como desértico marginal baixo. As temperaturas possuem amplo regime térmico na região do vale do Copiapó, durante período de inverno variam entre 5° e 20°C, já na estação mais quente entre 12° e 27°C. Na estação meteorológica de Chamonate, localizada a 11 km noroeste da cidade, os registros mostram a temperatura média anual de 15,2°C, oscilando em torno de 8°C. O período de chuvas encontra-se entre os meses de junho, julho e agosto, com média anual de 16 mm. O altiplano influencia as precipitações na parte mais alta da cordilheira, superando 150 mm, resultando em tormentas e aguaceiros na estação de verão (GEO COPIAPÓ, 2007).

A figura 3 mostra a normal histórica para Copiapó no período compreendido entre 1980 e 2011, possibilitando a percepção dos meses com as maiores precipitações, junho e julho, registrando entre 06 e 10 mm. Os menores volumes estão dispostos entre 0,0 (zero) e 2 mm, a precipitação total anual é de aproximadamente 29 mm. Nesse caso foi utilizado dados de precipitação pertencente ao National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).



Figura 3: Precipitação para a Cidade de Copiapó. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2017.

Em circunstâncias de La Niña de fraca intensidade se deparam com episódios de enchentes em pequenos rios, fator resultante da diminuição progressiva das precipitações na zona andina de domínio semiárido, compreendida entre as latitudes de 26° a 32°S. A neve acumulada nesta área durante o inverno anterior origina inundações em pequenos rios transitórios (ROJAS *et al.*, 2014).

As precipitações no Atacama são tão escassas que podem passar longos períodos (como anos e decênios) sem que ocorram registros (ORTLIEB, 1995).

A aridez no deserto do Atacama é controlada por quatro principais fatores: a posição zonal em relação a circulação de Hadley, a distância em que se encontra da principal fonte de umidade do Atlântico – no caso a Amazônia, a elevação do Altiplano criando um efeito de sombra sobre a chuva e alterando o equilíbrio da radiação, e a proximidade com a corrente peruana (HOUSTON; HARTLEY, 2003). No Atacama o volume de precipitação encontrado é baixíssimo, quase que escasso, a distribuição depende principalmente da altitude e distância que se encontra da costa (JULIÁ *et al.*, 2008).

Na estação meteorológica de Caldera o registro médio encontrado foi de 32 mm enquanto Copiapó menor que 30 mm anuais. Em um dado evento as precipitações concentradas registraram até 40 mm em apenas 24 horas, provocando deslizamentos e remoções de massa<sup>1</sup> em Caldera e Copiapó (AVARIA *et al.*, 2012).

<sup>1</sup> Remoções de massa se referem a todos os processos de mobilização lenta ou rápida de certos volumes do solo, rocha ou ambos, em diversas proporções, resultado de uma série de fatores do tipo de movimento e natureza do material envolvido.

Os registros de precipitações para 24 estações meteorológicas no Chile, no período de 1931 a 1960 e 1961 a 1990 mostraram volumes inferiores, como no caso da cidade de Copiapó, aonde os dados da estação de Chamonate apontam que os totais diminuíram de 21,1 mm para 12 mm (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA DO CHILE, s.d.).

As inundações fluviais relacionam-se com diversas causas como: precipitações persistentes, chuvas intensas de curta duração, fusão de neve e gelo, descargas de águas represadas por geleiras, processos de remoções em massa, reservatórios e obras de infraestrutura de água rompida e inundações associadas às erupções vulcânicas (OJEDA, 1997).

Rojas *et al.* (2014) contabilizaram os principais eventos de inundações para todo o litoral chileno, os quais foram distribuídos ao longo dos 15 setores administrativos e dentro dos 05 domínios climáticos com a finalidade de determinar a ocorrência regional, tendências e efeitos geográficos. Para tal construíram uma base de dados com 227 eventos de inundações no período de 1574 e 2012. Um primeiro período compreende a totalidade do arquivo histórico (1574 até 2012), e um segundo período (1900 até 2012) utilizado como controle do registro total. Dentro dos 227 episódios de inundações fluviais no período abordado 71% estão associados à precipitação frontal e convectiva, 12% por derretimento de neve, 10% por processos vulcânicos e a menor proporção vinculada aos deslizamentos e intervenções antrópicas. No segundo período (1900 e 2012) concentram-se 60% dos casos abordados nos últimos 500 anos, as inundações relacionadas com processos de neves e glaciais aumentaram (14%), aquelas associadas a chuvas intensas mantém alta porcentagem (68%), e os resultantes de processos vulcânicos e antrópicos com baixa relutância. Análises em níveis decadais constatam que ocorrem em média 15 inundações catastróficas por década. Há um aumento do número dos eventos desde a década de 1940 até 1970, diminuí em 1980, para alcançar um mínimo em 1990, e na década de 2000 novamente obtém uma quantidade elevada de eventos adversos (figura 4).

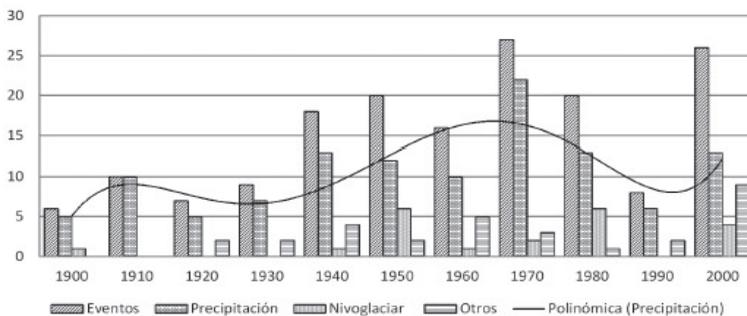


Figura 4: Causa e fator determinantes das inundações por década no período entre 1900 – 2012 para o litoral chileno, distribuído entre as 15 regiões administrativas. Fonte: ROJAS *et al.*, 2014.

As águas subterrâneas no Vale do Copiapó são designadas para o abastecimento potável nas localidades de Copiapó, Caldera, Tierra Amarilla. A província de Copiapó apresenta uma tendência às áreas de riscos, localizadas em zonas de média e alta fragilidade, fortalecida pelo déficit de vegetação, quantidade menor que 10%. Nos Andes o risco ocorre em resposta à erosividade das bacias, mesmo assim devido ao material sólido presente na cordilheira tendem a ser mais estáveis (DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, s.d).

As formações vegetais presentes na região do Atacama são arbustivas, em segundo lugar arbustivas suculentas, numa segunda categoria em uma menor parcela estão às suculentas e os prados, sendo resultantes das interações entre fatores ambientais como clima, geomorfologia, geologia e solo. O limite do deserto encontra-se no Oceano Pacífico, sua característica é a aridez, subdividida ainda em quatro menores zonas: deserto absoluto, costeiro, andino e florido. (DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, s.d).



### 3. O CLIMA NUMA PERSPECTIVA MULTIESCALAR

#### 3.1 OS CENTROS DE AÇÃO E MASSAS DE AR ATUANTES NA AMÉRICA DO SUL

O ambiente na América do Sul (AS) é caracterizado pela interação entre os climas tropicais, subtropicais e extratropicais. Os oceanos Pacífico e Atlântico influenciam na circulação atmosférica do continente sul americano, localizado entre os mesmos. A região adjacente à costa, no Atlântico Sul é atuada pela circulação atmosférica originada do continente (SATYAMURTY *et al.*, 1998 *apud* WAINER; TASCHETTO, 2006).

A Cordilheira dos Andes é indispensável para a circulação atmosférica, essa estende-se das extremidades sul e norte, na costa oeste. Além dos Andes têm-se a floresta amazônica beneficiando para um dos climas mais úmidos do globo. A circulação na América do Sul (AS) aponta para algumas características como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), a baixa do Chaco no verão e friagens de inverno (WAINER; TASCHETTO, 2006).

Para a caracterização climática de uma região é necessário compreender a hierarquia dos processos e sistemas meteorológicos a qual a região está submetida. A seguir apresentam-se os sistemas que intervêm diretamente sobre o clima nas localidades favorecendo eventos de inundações.

##### 3.1.1 Sistemas frontais

Um sistema frontal é formado por uma frente. Quando há o encontro de duas massas de ar, as mesmas não se misturam prontamente, nesse caso, a massa mais quente, considerada menos densa, acaba se sobrepondo aquela mais densa, a massa de ar mais frio (VIANELLO; ALVES, 2000).

As frentes podem ser classificadas como fria, quente, estacionária e oclusa. Em uma frente fria o ar frio desloca o ar quente pela superfície, que sofre ascensão e origina nuvens com desenvolvimento vertical. Em uma frente quente o ar quente substitui o ar frio, no caso do ar ser estável a precipitação é contínua, no caso de instabilidade as chuvas tornam-se intensas, com fortes trovoadas e aguaceiros. A frente estacionária é denominada quando há pouco ou nenhum avanço das massas de ar, o movimento do ar não se dirige para a massa de ar fria ou quente, mas sim

paralelo à linha de frente. Uma frente oclusa acontece no momento em que o ar frio força o ar quente a se alçar para níveis mais elevados, provocando gradualmente a diminuição da energia do sistema (VIANELLO; ALVES, 1991).

As frentes estão relacionadas individualmente à precipitação e nebulosidade. Para frente quente a nebulosidade é espessa à diante da frente, resultando em precipitações que derivam das nuvens nimbostratus. A frente quente se caracteriza por baixa ou nula queda de pressão e pequenas variações na temperatura. Nas frentes frias as variáveis atuantes são diferentes, a sua aproximação é distinguida por pouca ou sensível diminuição da pressão atmosférica. Após o deslocamento da frente inicia-se o processo de ascensão e a temperatura despenca. As frentes frias com rápido deslocamento se formam em regiões polares, posteriormente se transformam em frentes lentas, mas, ainda capazes de se converter em frentes estacionárias ou quentes de baixas latitudes (VIANELLO; ALVES, 1991).

Segundo Seluchi *et al.* (2017) as frentes causadoras de chuvas volumosas no Vale do Itajaí têm sua inclinação mais forte nos primeiros 1500 m de altura, nas camadas mais baixas essa característica pode colaborar com o aumento dos movimentos verticais. O transporte persistente de umidade oriundo da Amazônia é de extrema importância, logo que o contraste de umidade é resposta ao conteúdo de água inserido na massa de ar pré-frontal.

### 3.1.2 Bloqueios atmosféricos

Um bloqueio é considerado uma anomalia de alta pressão, possuindo seu deslocamento nos subtropicais e médias latitudes. Avaliado como um sistema estacionário que perdura em uma região onde predominam os ventos de oeste, em latitudes elevadas se comparada à posição climatológica dos anticiclones (AMBRIZZI *et al.*, 2009). Um anticiclone quente forma-se em latitudes mais elevadas comparadas aquelas que se desenvolvem as altas subtropicais e estão acompanhados por uma baixa fria em latitudes baixas. O bloqueio proporciona a divisão dos jatos em duas porções, a primeira evitando o escoamento de oeste dos sistemas e a segunda colaborando para a quebra do padrão zonal (PENNA; PIVA, 2011).

A partir de 1980 houve um maior interesse em estudar os bloqueios no Hemisfério Sul (HS) em resposta da melhor representatividade dos campos meteorológicos. Os bloqueios no Hemisfério Norte (HN) foram documentados e estudados a partir do final da década de 1940. A

comparação entre os regimes climatológicos dos bloqueios no HS e HN apontam diferentes características como: a orografia que exerce um papel importante nos bloqueios no HN, a duração dos bloqueios no HS é menor se comparada ao HN, e os bloqueios no HS estão em latitudes mais baixas (AMBRIZZI, 2009).

O bloqueio configura o escoamento atmosférico através da sua permanência sobre uma região por vários dias, e pode ser considerado o causador de condições permanentes no tempo (CASARIN; KOUSKY, 1982).

No estado de Santa Catarina quando incidem os bloqueios e os sistemas atmosféricos que resultam nas precipitações, como as frentes frias que persistem sobre o Uruguai e o sul do Rio Grande do Sul, o tempo permanece estável, com baixa incidência de nuvens, pouca umidade do ar e temperatura elevada. Nos anos de 2003 e 2005 o bloqueio atmosférico que esteve presente no sul do Brasil foi responsável pela diminuição da precipitação e frequência das passagens de frentes frias. (MONTEIRO, 2007). Na localização próxima à 32°S, no oceano Pacífico Sul, os bloqueios interrompem o deslocamento dos sistemas condicionantes de tempo na região sul do Brasil, mas, quando se encontram distribuídos na latitude de 60°S o escoamento zonal norte atua sobre os sistemas que atravessam o sul do país, proporcionando intensos volumes de chuvas (REBOITA *et al.*, 2010).

### 3.1.3 Ciclones e ciclogêneses

Os ciclones alteram a umidade, o transporte de calor, o movimento, além das influências sobre as mudanças do tempo, fazendo com que seu desenvolvimento e formação sejam pesquisados desde o século XIX. A ciclogênese está relacionada à sua intensidade e é verificada a partir do incremento da vortacidade pelo ciclone ou com a queda de pressão no centro do sistema (GAN; SELUCHI, 2009).

Esses sistemas se propagam de duas formas: A e B. Inicialmente, os do tipo A não possuem um cavado desenvolvido em altos níveis, isso ocorre quando há intensificação do ciclone em baixos níveis; a principal colaboração para o fortalecimento do ciclone é a advecção térmica sendo baixa no estágio inicial e durante a formação. Já os do tipo B se desenvolvem quando um cavado superior adentra em uma área de advecção de ar quente em baixos níveis, na qual a frente fria ocorre ou não; a advecção térmica é baixa e progride a partir da intensificação do ciclone em níveis baixos (GAN; SELUCHI, 2009).

Com o desenvolvimento estrutural diferenciado dos tipos A e B na década de 1980 um novo ciclone fora proposto por Radinovic (1985), do tipo C, esse estaria relacionado aos efeitos de orografia, denominados de ciclones a sotavento da montanha,

### **3.1.4 Núcleo frio em altura**

Descrito como uma massa de ar fria que se origina desde o Polo Sul, ou seja, da região Antártica. Este sistema não abrange todos os níveis da atmosfera e se movimenta sozinho entre os cinco mil metros de altura. Nesse caso existe o intercâmbio vertical e a troca de ar frio e calor entre ambas as massas de ar, que resultam em tormentas e fortes chuvas associadas ainda aos relâmpagos, granizos, e precipitações em curtos períodos. Além disso, descarregam grande quantidade de energia em pequenos espaços de tempo (JULIÁ, 2015).

### **3.1.5 Baixas segregadas**

As baixas segregadas são sistemas ciclônicos fechados em níveis altos da troposfera com formação originada no aprofundamento de uma calha fria em um trem de ondas provenientes de oeste. A circulação ciclônica e seu núcleo frio associado desenvolvem-se sobre o flanco equatorial da corrente de jato polar ou subtropical, as baixas são separadas de sua região de origem em latitudes mais altas. O ciclo de vida é assinalado por quatro fases: iniciação, segregação, maturação e decadência (GODOY *et al.*, 2011). Podem estar associadas às ciclogêneses explosivas.

Esse tipo de sistema é conhecido por formar uma depressão na tropopausa, possibilitando o intercâmbio entre a troposfera e estratosfera. Nas zonas mais altas produzem condições de tempo e situações de frio intenso, acompanhadas por precipitações - também em formato de neve, além de ventos e tempestades, e ainda, alguns casos de tormentas elétricas. Em geral é difícil prevê-la por ter o movimento errático, geralmente a leste, mas em determinados episódios podem tornar-se estacionários e até mesmo retroceder (GARREAUD, 2007).

### **3.1.6 Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM)**

Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) estão enquadrados dentro da classificação dos Sistemas Convectivos de

Mesoescala (SCM), sendo determinantes para os episódios de precipitação nos trópicos e em médias latitudes nas estações quentes. Na América do Sul são em geral 60% maiores quando comparados aos sistemas encontrados na América do Norte, e duração aproximada de 16 horas.

Os complexos estão organizados em três estágios: gênese, maduro e dissipação. A fase de gênese é motivada por fatores como topografia e quantidade de calor, ocorrendo especialmente nos períodos de fim de tarde e início de noite. O estágio maduro ocorre durante a madrugada acompanhando a máxima intensidade dos jatos de baixos níveis, nesse caso as fortes chuvas prevalecem como condições do tempo, e diminuem a probabilidade de tempestades. Na última fase, dissipação, o calor e umidade são reduzidos, retardando o escoamento canalizado pela cordilheira. Todos os sistemas contam com forças iniciais dependentes umas das outras, mas durante seu desenvolvimento e ciclo de vida adquirem características como circulação própria, resultado do calor e efeitos radioativos das nuvens (DIAS *et al.*, 2009).

Os Andes atuam sobre o desenvolvimento dos CCMs, em especial no período noturno. Os complexos têm seu ciclo de vida explicado por dois fatores: o escoamento adiabático e o hábito diurno dos jatos de baixos níveis (DIAS *et al.*, 2009).

### **3.1.7 Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS)**

A Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) é caracterizada por ser uma banda persistente de nebulosidade e precipitação no sentido noroeste-sudeste, que se desloca desde o sul da Amazônia até o Atlântico Sul Central (KODAMA, 1992). Para o desenvolvimento dessa banda é necessária uma forte convecção sobre a América do Sul Tropical, percebida no verão, juntamente com o deslocamento de sistemas frontais de latitudes médias em direção ao nordeste (CAVALCANTI; ROWNTREE, 1982). A ZCAS tende a se posicionar mais ao norte no início do verão, posteriormente, se desloca para o sul, resultando em diferentes circunstâncias conforme o local em que estacionou (NERY, 2005).

As fases quentes do ENOS possibilitam a assiduidade da ZCAS por mais quatro dias. A persistência da zona de convergência é beneficiada no momento em que o jato subtropical de altos níveis se encontra na porção oeste do oceano Atlântico Sul. O deslocamento do jato é possibilitado através das fases quentes de EÑ como resultado da migração da convecção indico-pacífico (CARVALHO; JONES, 2009).

### 3.1.8 Zona De Convergência do Pacífico Sul (ZCPS)

Juntamente com a Zona Frontal de Baiú, a ZCPS é observada no verão do HN, e possui características comuns de grande escala como: se estendem para leste, formam-se ao longo dos jatos subtropicais em altos níveis e a leste de cavados semiestacionários; são zonas de convergência com uma camada inferior úmida, espessa e com intenso gradiente de temperatura. Essa zona de convergência está localizada em regiões de massas de ar tropicais úmidas e forte gradiente de umidade em baixos níveis (KODAMA, 1992).

A fase quente da ODP está associada a zona de convergência do Pacífico Sul ao norte de sua posição climatológica, a qual não provoca modificações na Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), ocorrendo no setor trópico-subtrópico do oceano Pacífico Sul. As anomalias de escalas interdecadais são inferiormente articuladas comparadas aquelas de escala interanuais, já se tratando das flutuações de baixa frequência na zona sugere-se que sua posição média exhibe o gradiente máximo superficial de TSM sobre o setor frio da região. A ZCPS apresenta-se a noroeste (sudeste) de sua posição normal quando a ODP se encontra em sua fase quente (fria) (MONTECINOS, 2015).

A ZCPS é uma importante determinante na climatologia do Pacífico Sul produzindo variabilidades de escala interanual para multidecadal. A sua localização desempenha um papel nas mudanças e anomalias. Na escala interanual durante o evento de EÑ desloca-se para nordeste (sudeste para LÑ) resultando no aumento (diminuição) nas anomalias de chuvas para nordeste (sudeste) (SALINGER *et al.*, s.d). Na sua porção noroeste a ZCPS torna-se melhor orientada zonalmente e integra-se com a ZCIT, deslocando para oeste, no Oceano Índico. Essa zona de convergência contém uma das bandas convectivas de maior expansão e persistência da Terra, sendo reconhecida por desempenhar um papel significativo em padrões de circulação se tratando de escala global (VINCENT, 1994).

### 3.1.9 Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)

A ZCIT é considerada o encontro dos ventos alísios originários do Nordeste com aqueles de sudeste, os quais, em baixas latitudes promovem ascendência das massas de ar, geralmente úmidas. A circulação entre os hemisférios Norte e Sul é limitada através da zona de convergência, logo que promove uma divisão entre as células atmosféricas localizadas

próximas a região do Equador. Seu deslocamento acontece durante todo o ano através do balanço solar e sua ocorrência está relacionada a fatores como relevo, vegetação, maritimidade e continentalidade, encontrando-se sobre o Sul em março e ao norte em setembro, com diferença de até 50 dias (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Quando o Atlântico Norte registrar temperaturas superficiais maiores comparadas ao Atlântico Sul a ZCIT estará mais ao norte, procedendo em anos secos para o nordeste brasileiro. Para ocorrer a situação contrária, com volume de chuvas, a ZCIT necessita estar ao sul da sua posição climatológica (UVO, 1989). Outros padrões podem interferir nas épocas chuvosas ou de secas na região nordeste do Brasil, nos anos de intensas precipitações a temperaturas das águas encontram-se geladas e a alta subtropical mais intensa no Atlântico Subtropical Norte, concomitantemente, no Atlântico Subtropical Sul depara-se com situações de águas quentes e a alta subtropical enfraquecida (MELO *et al.*, 2002).

A zona de convergência têm sido objeto de estudo abordando o seu aspecto climatológico especialmente sobre o Oceano Atlântico, considerando a importância da mesma e a sua posição na influência de anos chuvosos ou secos, tanto no norte e nordeste do Brasil quanto em regiões ao norte da África. Durante o período de outono e verão, a ZCIT, aponta para elevada variabilidade temporal entre a região de convergência de ventos em baixos níveis e o movimento vertical de 500 hPa, resposta da interação entre os vórtices em altos níveis, a ZCIT e os distúrbios ondulatórios de leste sobre o Atlântico Sul, esses três sistemas agrupados são responsáveis pelas precipitações no norte do Brasil (MELO *et al.*, 2002).

### **3.1.10 Jatos de Altos Níveis (JAN)**

Os jatos de altos níveis são descritos pelo fluxo de ar em formato de um estreito cano, cujo os eixos apresentam velocidade máxima com intensos cisalhamentos verticais e horizontais, próximo a tropopausa. As velocidades do vento no núcleo do jato são máximas na vertical e horizontal, formada por uma linha. Regularmente a corrente de jato retrata centenas de km de largura e vários de espessura (ESCOBAR, 2009).

Existem duas classificações sobre a correntes de jatos: o subtropical e o polar. O jato subtropical possui posição determinante durante as estações do ano, predominando os campos médios e sazonais do vento. O jato polar é extremamente variável em sua posição, a cada dia

atua sobre uma ampla faixa de latitude, ainda exercem influência nas alterações do tempo, quando o mesmo se desloca para o norte seus movimentos são acompanhados pelas frentes e pelos sistemas de baixa e alta pressão (ESCOBAR, 2009).

### **3.1.11 Jatos de Baixos Níveis (JBN)**

Os jatos de baixos níveis têm papel fundamental na circulação atmosférica, além de possuir uma estrutura complexa dificultando a modelagem numérica de modelos climáticos. Considerado uma estreita faixa vertical com ventos máximos que ocorrem em altura de cerca de 100 m. A presença de um jato de baixo nível (JBN) provoca forte efeito no transporte de propriedades atmosféricas em regiões próximas à superfície (CORRÊA *et al.*, 2006). Kraus *et al.* (1985) acreditam que os fatores possíveis para a formação dos JBN são: baroclinidade em escala sinóptica associada a eventos meteorológicos, baroclinidade relacionada as superfícies inclinadas, aos sistemas frontais, acelerações no campo de vento, canalizações entorno de barreiras montanhosas, as brisas marítimas ou terrestres, ventos de montanha e de vale. Uma conhecida atuação desse sistema é o transporte de umidade do Golfo do México para o sul dos Estados Unidos, resultando em trovoadas e intensa precipitação.

Os JBNs estão associados ao movimento de grande escala que cobrem áreas extensas como a Cordilheira dos Andes na AS e as Montanhas Rochosas nos Estados Unidos. Essas duas regiões possuem características semelhantes e, portanto, os efeitos acerca dos JBNs também, ambas as áreas se estendem das regiões tropicais até as altas latitudes, bloqueando a circulação em baixos níveis no sentido zonal, resultando na canalização do vento. Na AS o JBN transporta a umidade originada do fluxo dos ventos alísios que se deslocam sobre a Amazônia, sofrendo modificações resultantes da barreira topográfica e percorrendo paralelamente aos Andes em direção às regiões sul e sudeste do Brasil e norte da Argentina (MARENGO *et al.*, 2009).

### **3.1.12 Alta da Bolívia**

A alta da Bolívia é descrita como uma circulação anticiclônica em níveis altos da troposfera, ela encontra-se associada a intensas precipitações e nuvens cumulus. Na AS durante o verão ocorre forte atividade convectiva e chuvas intensas em resposta a esse sistema (JONES; HOREL, 1990). Essa alta resulta da liberação de calor latente

da atmosfera na região amazônica no período de verão, descrito como estacionário em altos níveis (ALVES, 2009).

Durante o verão esse sistema contribui para as chuvas nas regiões norte, parte do nordeste e centro-oeste do Brasil, atingindo sua intensidade máxima nos meses de dezembro a fevereiro, diminuindo entre abril e maio (LLOPART, 2012).

Utilizando o perfil vertical da estação meteorológica de Antofagasta mostrou que no verão do HS a camada da troposfera aumentava de espessura, logo, a fonte de aquecimento para gerar esse acréscimo é vinculada ao calor associada a dois processos: calor sensível liberado pelo altiplano Boliviano e latente devido à convecção (GUTMAN; SCHWERDTFEGER, 1965 *apud* GUSMÃO, 1995).

### **3.1.13 Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS)**

A Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é de grande importância para a AS, controlando o clima do Brasil no verão e inverno. Durante esse último ela impede a entrada de frentes, causa inversão térmica e concentração de poluentes nos principais centros urbanos das regiões sudeste e sul. Na mesma região a dinâmica do sistema favorece a formação de nevoeiros e geadas. No litoral nordestino colabora para o regime de precipitação. As altas se formam em regiões subtropicais dos dois hemisférios, constituídas por ar quente, por isso a pressão atmosférica decai lentamente com a altitude, mantendo as circulações fechadas em todos os níveis (BASTOS; FERREIRA, 2000).

No inverno a alta subtropical pode inibir a entrada de frentes e favorecer a formação de nevoeiros e geadas no sul e sudeste do Brasil, afetando os ventos na região costeira durante o verão, com o aumento do transporte de umidade ao longo da ZCAS. Essa alta subtropical possui forte atuação sobre as chuvas, já que a convergência de umidade no Atlântico tem impacto sobre a porção oceânica da ZCAS (BASTOS; FERREIRA, 2000).

### **3.1.14 Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul (ASPS)**

O anticiclone subtropical é descrito a partir de uma massa de ar seca e fria, a qual, ao se aproximar da costa ocasiona a condensação do vapor de água do ar, conseqüentemente, levando a formação de nuvens estratos entre 300 e 800 metros. Essa ocorrência de nuvens reflete a maior

parte da radiação solar, assim, a temperatura de toda a costa sofre declínio (MORÁN, 1989).

As maiores altas quentes são os anticiclones subtropicais, também chamados de centros de ação, são sistemas consistentes por tempo bom, formando-se sobre os oceanos, em média a 30° de latitude norte e sul. No HS encontram-se as altas do Atlântico Sul, do Pacífico Sul e do sul do Oceano Índico. Sua formação deve-se a circulação do ar em escala planetária, ou seja, a circulação de Hadley, e se estende verticalmente acima de 10 km de altura da superfície oceânica à tropopausa, e consistem de extensas áreas de ar quente e seco. Quando um anticiclone persiste numa região por vários dias e impede o deslocamento normal dos sistemas frontais acaba atuando como um sistema de bloqueio atmosférico, provocando extremos no tempo. No inverno de 1995 um caso de bloqueio resultou no aumento acima da média das temperaturas e diminuição de chuvas na região próxima a costa da AS, o qual se formou sobre o Oceano Pacífico Sul, prejudicando a passagem dos sistemas frontais (ITO; AMBRIZZI, 2000).

### **3.1.15 Massas de ar e Frentes**

As principais frentes atuantes na AS podem ser descritas a seguir:

- Massa de Ar Tropical Atlântica: atua durante todo o ano. No período de verão tem contato com o continente e sofre com o aquecimento basal deixando-a instável, no inverno o resfriamento faz com se torne estável, resultando em tempo bom para Santa Catarina (HERMANN, 2001). Segundo MONTEIRO; FURTADO (1995) os dias são agradáveis, com baixa nebulosidade, e temperaturas oscilando entre 22° e 30°C.
- Massa Tropical Continental: a partir do aquecimento continental, onde há o rebaixamento na região do Chaco forma-se uma massa quente e seca. Responsável por condições de tempo desagradável, resultante do calor expressivo, baixa umidade e ventos com pouca intensidade. Quando há risco de chuva dificilmente ocorre, devido ao forte calor que impede a chegada ao solo através da evaporação (MONTEIRO; FURTADO, 1995).
- Massa Equatorial Continental: atua principalmente no período de verão, desloca-se da região amazônica e atinge o sudeste, centro-oeste e toda a região sul. A possante nebulosidade se encaminha de noroeste para sudeste trazendo fortes trovoadas. Nesse período sucedem intensas rajadas de ventos, as quais elevam os volumes de chuvas ao longo do litoral catarinense. Nessa massa equatorial observa-se alta porcentagem

de umidade no ar, o mesmo fica pesado e dificulta a transpiração (MONTEIRO; FURTADO, 1995).

- Massa Polar Atlântica: na sua formação original o ar é frio, estável e seco, absorve calor e umidade da superfície do oceano à medida que se desloca, tornando-se instável. Tem sua formação no Atlântico, encontrada especialmente no período de inverno, resultante do ar Polar, que periodicamente invade o continente sul-americano com ventos de oeste e sudeste em altas latitudes e sul-sudeste nos trópicos.
- Frente Polar Atlântica: durante o inverno contribui para o acúmulo de ar frio na vertente atlântica, já no verão raramente ocorre o avanço dessa frente nos trópicos. O anticiclone em seu giro anti-horário transporta a umidade do oceano para o litoral da região sul, derivando em ventos fortes, úmidos, e frios, e a umidade encontrada forma nebulosidade com pouca e contínua chuva. Na maioria das vezes ocorre no litoral e no interior apresenta dia claro (MONTEIRO; FURTADO, 1995).

### 3.1.16 Vórtices ciclônicos em altos níveis (VCAN)

Os vórtices são considerados sistemas de baixa pressão, os quais a circulação fechada tem o centro gelado se comparado ao seu arredor. Os vórtices se formam na alta tropofesra (GAN; KOUSKY, 1982). De acordo com a sua classificação podem ser do tipo Palmén ou Palmer, o primeiro se origina em latitudes extratropicais e o seguinte nos trópicos (FERREIRA *et al.*, 2009).

No Brasil os vórtices ciclônicos de altos níveis de origem tropical agem com maior frequência entre os meses de dezembro a fevereiro, com duração média de 4 a 11 dias. Os efeitos na precipitação das regiões nordeste e norte do Brasil são percebidos quando se formam sobre o continente, assim parte da região nordeste apresenta chuva e nebulosidade e a outra porção apresenta céu claro derivado dos movimentos verticais subsidentes (FERREIRA *et al.*, 2009).

## 3.2 OS CONDICIONANTES FÍSICOS E DINÂMICOS DOS CLIMAS REGIONAIS

### 3.2.1 Região Sul do Brasil

Juntamente com o Sul do Paraguai e Uruguai a região sul do Brasil tem boa distribuição de chuvas ao longo do ano, com elevados volumes de precipitação, os quais são maiores ainda no oeste do Brasil na fronteira

com o Paraguai. Ao longo do ano diferentes sistemas meteorológicos atuam sobre as chuvas como os ciclones, os VCANS, as circulações de brisa, sistemas frontais e linhas de instabilidade (REBOITA *et al.*, 2010).

Nimer (1989) descreve o sul do Brasil, como uma das regiões predominantes pelo clima mesotérmico, superúmido, com maior uniformidade e grau de unidade climática, além de possuir uma climatologia típica de regiões temperadas. Na região, segundo Varejão-Silva (2006), as chuvas podem estar associadas aos jatos subtropicais intensificados pelos bloqueios atmosféricos sobre a AS, dificultando o deslocamento das frentes.

O litoral do estado de Santa Catarina e de toda a região sul origina da circulação de brisa. O aquecimento com variação térmica entre o oceano e o continente modifica as temperaturas. Durante o dia têm-se a brisa marítima, na qual a superfície da terra aquece rapidamente se comparada ao oceano, e a circulação percorre o sentido oceano-continente, durante a noite o sentido é invertido, acarretando na brisa terrestre (REBOITA *et al.*, 2010). Os sistemas que atuam sobre o Brasil, a sua posição geográfica e latitudinal influencia diretamente sobre a dinâmica climática em Santa Catarina. Mudanças e variações térmicas podem ser encontradas em apenas 24 horas (HERRMANN, 2014).

Os sistemas de instabilidade que resultam nos índices de precipitação na região Sul do Brasil são as frentes frias, os cavados em baixos, médios e altos níveis, os CCMs, a convecção tropical, os vórtices ciclônicos em médios e altos níveis, os jatos de médios e altos níveis, a ZCAS, e a circulação vinda do oceano Atlântico. Enchentes de verão nas regiões sul e sudeste do Brasil ocorrem quando a ZCAS se concentra por períodos prolongados na região sudeste (MONTEIRO, 2007). Além das condições ciclogênicas ou frontogênicas originadas na própria região, os sistemas frontais que se deslocam do Pacífico passam sobre a região da Argentina, e seguem em direção ao nordeste brasileiro.

### **3.2.2 Região do Atacama**

O clima da região do Atacama é dominado pela aridez típica de deserto. A proximidade com o oceano modela as temperaturas apontada para características homogêneas, a qual altera-se à medida que se transporta para a Cordilheira dos Andes. A região pertence ao domínio climático árido subtropical e dentro dela se distinguem em quatro grandes fragmentos de climas áridos: desértico com nebulosidade abundante, normal, marginal baixo e marginal alto. No extremo sul da região existe

a influência de uma pequena superfície do clima semiárido frio com chuvas invernais (DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, s.d).

O clima é considerado muito árido ao norte da região do Atacama, já no sul é caracterizado por um clima semiárido devido ao aumento gradual da precipitação na estação de inverno. Ao sul de Copiapó o clima se transforma em deserto marginal para dar espaço ao clima de estepa quente, destacando-se em quatro subclimas: desértico litoral, desértico interior, desértico marginal e desértico marginal de altura (INZUNZA, 2002).

Devido aos fatores topográficos variáveis no país, o clima chileno é dominado pelas correntes oceânicas e atmosféricas, altitude e latitude. As áreas próximas ao mar recebem mensalmente chuvas através da umidade dos ventos que sopram em direção a terra. As correntes que vão desde o Equador até as regiões polares levam esse aquecimento até as zonas mais frias. No Chile a corrente de Humboldt regula o clima desde a zona central até o norte do país, modulando os índices de temperatura (INZUNZA, 2002). As águas marinhas da região são caracterizadas pela influência de dois grandes processos dinâmicos: no primeiro a costa recebe intervenção do Anticiclone do Pacífico, condicionando um regime de ventos predominantes do quadrante sul, já no segundo a circulação marinha apresenta um fluxo de água costeira em direção norte (DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL, s.d).

### 3.2.3 Cordilheira dos Andes

A Cordilheira intervém na circulação atmosférica em um grande espectro de escalas, desde a formação de ondas de montanha até o posicionamento das ondas planetárias. A presença dessa gera alterações nos sistemas transientes que se arrastam sobre a AS. Na caracterização sobre a AS proposto por Reboita *et al.* (2012) os Andes são responsáveis pela pouca precipitação recorrente na região do norte do Chile, noroeste e centro-sul da Argentina, já que os ventos de oeste atravessam essa cadeia montanhosa, nesse caso o ar chega seco a sotavento, pois, as chuvas distribuem-se a barlavento do local.

A cadeia montanhosa dos Andes é considerada uma das características mais relevantes se tratando de topografia na AS, percorrendo desde o trópico até cerca de 55°S. Aproximadamente a 20°S têm-se um platô de alto nível, o Altiplano Andino, possuindo elevação média de 3.800 m e 300 km de largura (VERA *et al.*, 2002).

Os ciclones e anticiclones após passarem sobre a região da Cordilheira são canalizados para norte e a leste das montanhas, favorecendo seu deslocamento até as latitudes mais baixas, enquanto que seu núcleo em latitudes médias (SELUCHI *et al.*, 2004).

A circulação e alteração da umidade e dos sistemas atmosféricos pela calha amazônica se dão no sentido leste para o oeste. Ao encontrar a barreira – Cordilheira dos Andes – inverte o deslocamento em direção aos sistemas depressionários (baixa pressão) sobre a Bolívia, Paraguai, Argentina, Uruguai, centro-oeste, sudeste e sul do Brasil, por isso, a umidade encontrada nos sistemas como as frentes frias, os jatos, cavados, ZCAS e sistemas convectivos de mesoescala, é maior, e são sistemas mais frequentes em Santa Catarina.

### 3.3 AS CORRENTES MARÍTIMAS DOMINANTES NOS OCEANOS ATLÂNTICO SUL E PACÍFICO SUL

A maritimidade é uma característica importante para regulação da umidade e da temperatura. Os oceanos controlam a distribuição de energia entre os continentes. Ao participarem da troca de energia entre locais afastados dos continentes, as correntes se relacionam com a dinâmica das massas de ar, definindo as áreas chuvosas das seca, isso ocorre porque as águas frias superficiais influenciam no resfriamento do ar. Locais costeiros banhados por correntes de águas geladas proporcionam climas secos, e aqueles banhados pelas águas quentes, permitem a formação de nuvens de chuvas a partir de correntes ascendentes, conseqüentemente, ocasionando climas úmidos nessas áreas (MONTEIRO; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

#### 3.3.1 Corrente do Brasil e massas d'água

A corrente do Brasil (CB) origina-se na região onde o ramo da Corrente Sul Equatorial (CSE) se bifurca, ao sul da latitude de 10°S, favorecendo também para a configuração da Corrente Norte do Brasil (CNB) (STRAMMA, 1991; SILVEIRA, 1994). Segundo Castro *et al.* (2006) a CB conflui com as Correntes das Malvinas (CM), nascendo e se desenvolvendo ao largo da costa brasileira, fluindo para o sul, deslocando-se pelo continente sul-americano até as regiões aproximadas entre 33° e 38°S, denominada de Convergência Subtropical.

Grande parte do transporte na porção norte do giro subtropical do Atlântico Sul é perdida para o Hemisfério Norte e contracorrentes equatoriais, a CNB é conspicuamente fraca quando comparada com

outras correntes de limites ocidentais. A CB tem o transporte relativamente pequeno durante a maior parte do seu percurso no sul (PETERSON; STRAMMA, 1991).

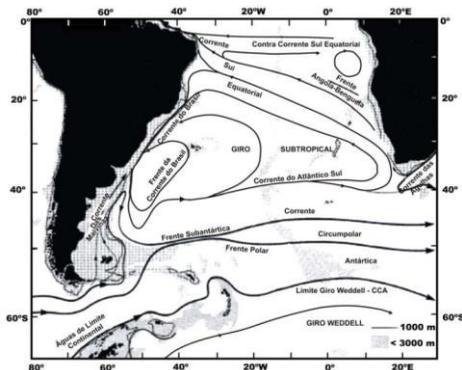


Figura 5: Representação do Giro Subtropical do Atlântico Sul e da Corrente do Brasil. Fonte: Cirano *et al.*, 2006.

A região da CB é formada pelo empilhamento de massas de água características do Atlântico Sul. Nos primeiros três km de coluna d'água encontram-se a Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica (AIA), Água Circumpolar (ACS) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) (SILVEIRA *et al.*, 2000).

Quanto às massas d'água mencionadas podem ser observadas e descritas a seguir (figura 6):

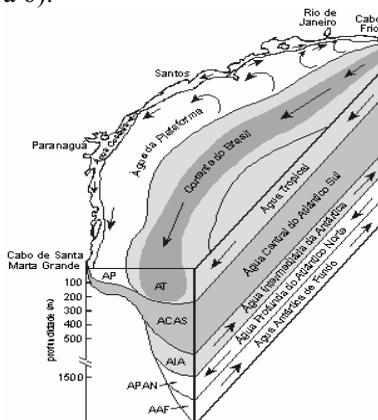


Figura 6: Massas d'água que circundam a costa brasileira nas regiões sul e sudeste. Fonte: Mendes; Soares-Gomes, 2007.

- Água Tropical (AT): massa de água salina e quente, transportada para o sul pela Corrente do Brasil, essa massa é formada a partir da intensa radiação e excesso de evaporação em relação à precipitação. Ao longo do seu trajeto mistura-se com águas mais frias de origem costeira e com baixa salinidade, resultando em uma AT caracterizada por temperaturas maiores que 20°C e salinidade acima de 36 ups (SILVEIRA *et al.*, 2000).
- Água Central do Atlântico Sul (ACAS): caracteriza-se por temperaturas superiores a 6°C e inferiores a 20°C e salinidade entre 34,6 e 36 ups. A ACAS bifurca-se e parte dela flui em direção ao equador, já a outra metade, em direção ao sul (SILVEIRA *et al.*, 2000). Sua formação ocorre na zona de confluência entre a CB e as CM.
- Água Intermediária Antártica (AIA): Os limites termohalinos da AIA são de 3° até 7°C e de baixa salinidade (SVERDRUP *et al.*, 1942). É formada na Convergência Subantártica, a qual se move na direção do equador.
- Água Profunda do Atlântico Norte (APAN): a APAN é caracterizada por temperaturas entre 3° e 4°C, salinidade entre 34,6 a 35 ups, e ocupa níveis entre 1500 e 3000 m ao largo do sudeste brasileiro (SILVEIRA *et al.*, 2000).
- Água Antártica de Fundo (AAF): considerada a mais fria de todas as massas d'água, em resposta a sua formação no Mar de Weddel (Antártica), os valores de temperatura aproximam-se de 2°C e salinidade de 34,6 ups (MENDES; SOARES-GOMES, 2007).

### 3.3.2 Corrente de Humboldt

A corrente de Humboldt é um dos maiores produtores de ecossistemas na terra, uma corrente fria que atravessa o litoral do Chile e Peru. A água gelada provoca o aumento da produção pesqueira, beneficiando esse tipo de indústria. A corrente se estende ao longo da costa oeste da AS, do sul do Chile até o Equador e as Ilhas Galápagos (THIEL *et al.*, 2007).

A oceanografia geral da corrente de Humboldt é caracterizada por um fluxo predominante das águas subsuperficiais de origem subantártica e pela forte ressurgência de águas ricas em nutrientes de origem equatorial, pelo transporte de Ekman, e pelo afloramento costeiro (HILL *et al.*, 1998). Vários centros importantes de ressurgência ao longo da costa chilena são intercalados em trechos de costa com ou sem ressurgência, sendo esporádicas ou com menor intensidade. Fenômenos climáticos em grande escala como o ENOS são sobrepostos ao padrão regional,

procedendo em uma grande heterogeneidade espaço-temporal, dificultando a ocorrência dos processos ecológicos ao longo da costa chilena. A ressurgência ou condições de ENOS afetam a produção primária, a composição da comunidade zooplancônica, a dinâmica da população costeira, a dispersão larval, crescimento de algas bentônicas, dinâmica das populações de organismos e uma variedade de outros processos (THIEL *et al.*, 2007).

Na figura 7 encontra-se a corrente de Humboldt distribuída ao longo da costa oeste da AS, e as regiões separadas pelas latitudes ( $18^{\circ}$  -  $55^{\circ}$ S) são áreas de produção pesqueira, locais com ocorrência de ressurgência. Os pontos pretos encontrados possuem centro de ressurgência mais ativos, pontos em cinza indicam os episódios mais frequentes, e aqueles ocasionais apontados com a linha preta (THIEL *et al.*, 2007).

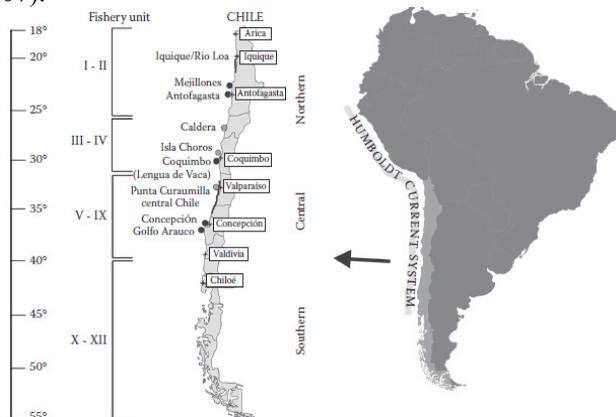


Figura 7: Representação das regiões influenciadas pela corrente de Humboldt e fenômeno de ressurgência. Fonte: THIEL *et al.*, 2007.



## **4. REFERENCIAL TEÓRICO**

### **4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS TIPOS DE EVENTOS CAUSADORES DE DESASTRES HIDROMETEOROLÓGICOS**

Durante o levantamento dos dados utilizados nessa pesquisa como os Relatórios de Avaliação de Danos e os Informes do Médio Ambiente foi possível constatar eventos com diferentes nomes e tipologias, como enxurrada, alagamento, inundações, aluviões, em cada uma das regiões. Este tópico apresentará uma breve explicação para melhor compreensão de cada evento potencializador de desastre.

#### **4.1.1 Nevadas**

As nevadas são os fenômenos caracterizados quando ocorre a neve propriamente dita. Para que ocorra é necessário que o ar esteja supersaturado pelo vapor de água, as temperaturas nas altas camadas atinjam valores entre 12° e 20°C negativos, e que existam núcleos de condensação formados por partículas de fumaça, pó ou pólen. Os episódios de neve ocorrem em países de clima temperado e frio. No Brasil os danos provocados pelas nevadas são considerados pequenos, esses eventos ocorrem geralmente nas regiões serranas de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e sul do Paraná. Na sua superfície em contato com o solo a temperatura mínima é de 0°C, por isso a neve tende a proteger o local do supercongelamento (CASTRO, 2003).

#### **4.1.2 Inundações**

As inundações podem ser encontradas de acordo com a sua tipologia como as bruscas, graduais ou alagamentos. São caracterizadas por um transbordamento de água oriunda de açudes, rios e lagos, sua causa está relacionada com a precipitação anormal de água que ao transbordar invade os terrenos, causando danos. Estão classificadas de acordo com sua magnitude e evolução. Esses eventos provocam danos materiais, quando extensas destroem ou danificam a agricultura, pecuária, além das habitações (CASTRO, 2003).

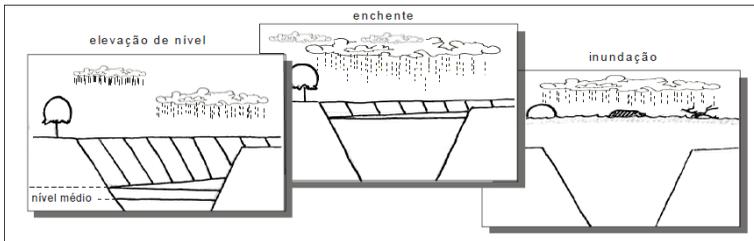


Figura 8: Representação de enchente e inundação. Fonte: Atlas de Prevenção de Desastres Naturais, 2006.

- Enchentes ou inundações graduais:

Nesse caso as águas sobem lentamente e de forma previsível, mantendo-se em situação de cheia por um determinado período, posteriormente decorrem gradualmente. As inundações são cíclicas e sazonais intensificam-se por variáveis climatológicas de médio e longo prazo, e se poder notar que as variações climáticas diárias pouco influenciam os episódios, do mesmo modo estão associadas a períodos de precipitações contínuas se comparadas aquelas com chuvas abundantes e concentradas (CASTRO, 2003).

- Enxurradas ou inundações bruscas:

As inundações bruscas ocorrem em locais os quais os relevos possuem forma acidentada e são provocadas por chuvas intensas e concentradas, normalmente distribuem-se em bacias ou sub-bacias de médio e pequeno porte. As enxurradas escoam-se forte e rapidamente, produzindo elevadas formações dos caudais. Nesse tipo de evento ocorre um desequilíbrio entre o continente (leito do rio) e o conteúdo (volume caudal) o qual provoca o transbordamento. O fenômeno aponta para danos mais intensos e prejuízos maiores se comparados aos resultantes por processos de inundações graduais, surpreendendo pela dificuldade de previsão e forte violência (CASTRO, 2003).

- Alagamentos:

São volumes de água que se acumulam no leito das ruas e nos perímetros urbanos em decorrência de fortes chuvas, nas cidades aonde o sistema de drenagem geralmente é ineficiente. Nesse caso depende muito mais do sistema urbano de drenagem dificultando a vazão da água do que da própria precipitação. O alagamento está relacionado com a impossibilidade de filtração, provocada por fatores como compactação e impermeabilização do solo, pavimentação de ruas e calçadas,

desmatamento de encostas e assoreamento dos rios, construção adensada de edificações, e acumulação de detritos em galerias pluviais e canais de drenagem. Os danos causados por alagamentos são mais intensos se comparados às enxurradas. Em cidades litorâneas a coincidência de maré alta acaba agravando o problema (CASTRO, 2003).

- Inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar (ressacas):

Normalmente ocorre em costas pouco elevadas dos continentes ou em ilhas rasas. Esses eventos caracterizam-se como desastres secundários, podendo ser resultado de ciclones tropicais, trombas d'água, tempestades marinhas e vendavais. Também pode acontecer como consequência de tsunami, causados pela propagação de ondas desencadeadas por terremotos. Os danos humanos e materiais, e os prejuízos sociais e econômicos nesse caso são elevados (CASTRO, 2003).

Segundo Bittencourt *et al.* (2002) a ressaca é originada a partir da elevação das marés astronômicas ou meteorológicas, sendo considerada como o aumento do nível do mar, a qual é acompanhada por ondas de amplitude superior a normalidade.

A direção predominante dos ventos é uma característica para a ocorrência de ressacas. Durante os ciclones extratropicais o empilhamento se dá à esquerda do sentido do vento, no HS, em resposta ao transporte de Ekman. No sudeste e sul do Brasil o que empilha na costa é o vento sul, na costa nordeste é o vento de quadrante norte, leste, e ocasionalmente do quadrante sul (KOBAYAMA *et al.*, 2006).

### 4.1.3 Aluvião

Sedimentos clásticos heterogêneos, em termos de tamanho, forma e composição, sendo depositados pelos rios ou geleiras. É descrito como um material solto localizado nas margens dos vales e geleiras, que são arrastados pela água ou gelo, e depositados de acordo com a inclinação ou nos leques aluviais. Conhecidos pelos fluxos rápidos e violentos ocorrem quando a água se acumula no solo depois de uma forte chuva ou degelos repentinos, transformando o terreno em um rio de lama ou de barro (ONEMI, 2014). Os aluviões ainda podem ser originados a partir do rompimento de represas naturais ou artificiais, além da influência de atividades vulcânicas e precipitação líquida sobre locais com incidência de neve.

## 4.2 AS VARIABILIDADES DE BAIXA FREQUÊNCIA

As células de Walker e Hadley são perturbadas nos anos em que se encontram anomalias negativas e positivas na TSM nas bacias dos oceanos Pacíficos e Atlânticos tropicais, deslocando essas células das suas localizações climatológicas iniciais. A circulação atmosférica sobre a região tropical é fortemente modulada e modificada pelos regimes sobre as bacias desses oceanos, afetando o ritmo pluviométrico dessa região, além da intensidade e duração do período chuvoso (FERREIRA; MELLO, 2005).

Os fenômenos que compõem as variabilidades de baixa frequência se destacam através da relação com as teleconexões encontradas a partir de técnicas estatísticas. As teleconexões possuem correlações entre diversas variáveis meteorológicas em diferentes locais do globo, observados através de ondas estacionárias e em altos níveis da troposfera, interferindo em locais distantes um dos outros, como exemplo, considera-se o evento de EN $\tilde{N}$  que pode atuar na seca da região nordeste e excesso de chuvas na região sul do Brasil (SILVA, 2014).

Segundo Marengo (2012) a identificação de teleconexões é necessária, bem como a análise de suas influências sobre a circulação atmosférica, sendo úteis para o entendimento de eventos extremos e associadas a causas naturais. Dentro das teleconexões se avaliam alguns padrões de oscilação como ENOS, OAN, ODP.

Um pouco sobre cada variabilidade será discutida posteriormente, as mesmas se fazem presente globalmente, alteram e modulam desde as temperaturas em locais extremamente quentes, até mesmo chuvas em locais escassos. Essas variabilidades como tantas outras merecem ser aprofundadas, pois a cada momento uma nova oscilação ou fenômeno ocorre e trazem situações como frio intenso, seca, e episódios com elevadas precipitações pluviométricas.

### 4.2.1 El Niño Oscilação Sul (ENOS)

O termo El Niño foi caracterizado inicialmente como uma corrente oceânica de recorrência anual, quente e fraca, que transcorre para o sul ao longo da costa do Equador e Peru no período natalino. A componente atmosférica acoplada ao EL Niño é a Oscilação Sul, o fenômeno ocorre quando a atmosfera e o oceano estão unidos. A fase quente corresponde ao El Niño, a fase oposta, a La Niña, condiz com o esfriamento do

Pacífico Tropical, e então denominada de fase fria do ENOS (TRENBERTH, 1997).

Na parte leste e central do Oceano Pacífico Tropical a fase quente tem como característica o aumento médio dos valores da TSM de 1° a 2°C, com isso o centro de baixa pressão desloca-se e a atua com grande convecção, originando o acréscimo de nebulosidade e precipitação no Pacífico Central. Já no lado oeste do Pacífico ocorre a diminuição da TSM que resulta no aumento da pressão, enfraquecendo as precipitações. Essa fase é conhecida como El Niño assinalada pelo índice de oscilação sul (IOS) negativo (VAREJÃO-SILVA, 2006).

Os episódios estão classificados de acordo com a variação no valor da TSM, o período e a extensão que atuam, dividindo-os em muito fracos, fracos, moderados, fortes e muito fortes (ARAGÃO, 1990).

As figuras 9 e 10 apontam para a distribuição dos eventos ao longo do globo no mesmo trimestre: dezembro, janeiro e fevereiro, e pode-se perceber a sua atuação sobre o Brasil, especialmente na região sul, aonde o EÑ causa elevados totais de chuvas, sobretudo na estação de primavera.

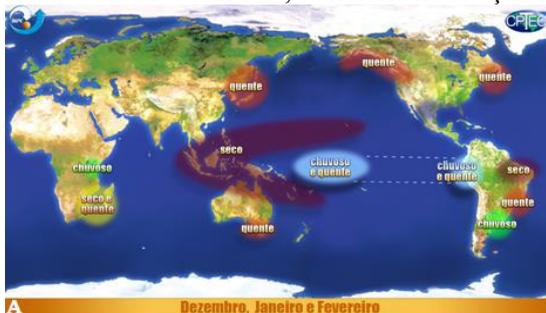


Figura 9: Ocorrência do El Niño no trimestre de Dezembro, Janeiro e Fevereiro. Fonte: CPTEC/INPE.

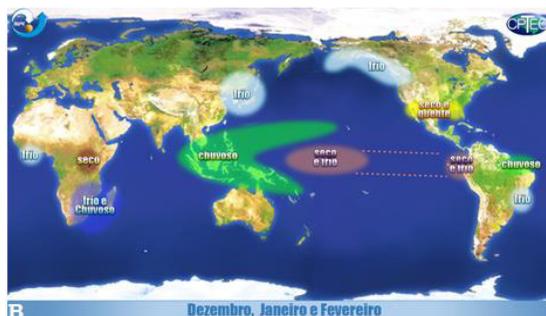


Figura 10: Ocorrência da La Niña no trimestre de dezembro, janeiro e fevereiro. Fonte: CPTEC/INPE.

O evento pode ser considerado recorrente, mas não segue um período regular. De acordo com Nunes (2007) o fenômeno acontece em intervalos entre dois a sete anos, com duração média entre 12 e 18 meses.

Em resposta ao forte evento do ano de 1982-83 levou ao início do monitoramento, e países como Austrália, Japão e Estados Unidos a adotarem um princípio de análise e monitoramento, interligando oceano e atmosfera na região do Pacífico Tropical, desde a região da Austrália e Indonésia até a costa oeste da AS, dando início ao período de pesquisas sobre a força e extensão do oceano atuante no globo e das variabilidades termodinâmicas (PHILANDER, 1991; ALVES *et al.*, 2006).

A região do Niño 3.4 (figura 11) sobre o Pacífico Equatorial é importante para a modulação da circulação atmosférica na AS, e o limite estabelecido é de  $+0,5^{\circ}\text{C}$  positivo para TSM, fornecendo informações e medidas sobre os gradientes que resultam no padrão de convecção.

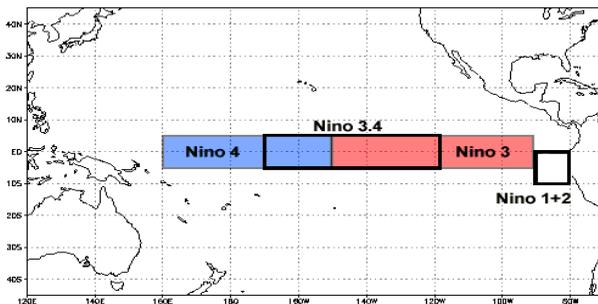


Figura 11: Representação da região Niño 3.4. Fonte: National Oceanic and Atmosphere Administration (NOAA).

Um índice foi desenvolvido, denominado de Oscilação Sul (OS), o qual aponta a diferença de pressão do nível médio do mar entre o Pacífico Central (Taiti) e o Pacífico Oeste (Darwin). Valores negativos, positivos ou próximos a zero indicam as fases (positivas, negativas ou ainda de neutralidade) do fenômeno ENOS.

Os excessos de chuvas se distribuem pela região da Austrália e Indonésia em anos de LÑ ou quando os índices de TSM apresentam-se dentro do padrão. No nordeste brasileiro ocorre seca e escassez de água, já nas regiões sul e sudeste do país formam condições com elevadas pluviometrias, quando dispostas na fase quente do fenômeno (ALVES *et al.*, 2006).

Os recifes de corais também sofrem com as oscilações de TSM decorrente dos eventos de EÑ, uma vez que o acréscimo e a variação anormal da TSM resultam no seu branqueamento, considerado um fator estressante, aumentando atualmente o número de casos e locais prejudicados. Após o EÑ de 1997 e 1998 deparou-se com uma elevação na taxa de mortalidade e branqueamento nos recifes em todo o globo (SOPPA *et al.*, 2007).

O EÑ associado às anomalias positivas do IOS e valores elevados de TSM resulta em altas precipitações na região central do Chile e em muitos outros lugares no sul do continente, ao mesmo tempo, é responsável por períodos de secas no Altiplano e no norte/nordeste do Brasil. Os anos frios de LÑ produzem seca ou diminuição de chuvas no Chile central e sul do Brasil, enquanto que no Altiplano e interior do nordeste brasileiro têm-se abundantes precipitações (MENDONÇA; ROMERO, 2012).

#### **4.2.2 Efeitos do El Niño no Brasil**

No Brasil existem três áreas onde o EÑ se destaca: nas regiões do semiárido nordestino, no norte e leste da Amazônia e no sul do país. A região nordeste juntamente com o norte e leste da Amazônia sofrem com a falta de precipitação, já na região sul ocorre o aumento de chuvas (VEIGA *et al.*, 2000). Segundo pesquisas se o número e a frequência desses eventos extremos aumentarem o Brasil ficará exposto a maiores ocorrências de catástrofes, e independente do fenômeno atuante a passagem de extremos de seca ou precipitação não precisa estar diretamente relacionada.

Como ressaltado anteriormente o EÑ é responsável pelo aquecimento anômalo do Oceano Pacífico Equatorial e sua fase contrária LÑ atua com o resfriamento. Conhecido fortemente pela sua irregularidade em alguns períodos apresenta-se mais intenso como os casos de 1982-83 e 1997-98 ou mais fraco na década de 1920 a 1930.

Durante o período de EÑ as regiões brasileiras pretendem apresentar maiores elevações nas temperaturas do ar, livre da estação em que se encontra. Na região sul o pico do fenômeno localiza-se no verão, mas seus impactos podem vir a ocorrer desde o inverno e primavera do ano de início do evento até o seguinte. A primavera marca o início das chuvas em grande parte do Brasil e concentra a maior quantidade anual na região sul (GRIMM, 2000). As regiões sudeste e centro-oeste também apresentam características como irregularidade de chuvas e veranicos prolongados.

O evento de EÑ de 1987 teve forte expressão no estado de Santa Catarina, o qual 35 municípios nas regiões norte, oeste e serrana foram atingidos em maio (HERRMANN, 2001). Em 1997-98 o fenômeno se encontrou totalmente configurado, as anomalias de temperatura para o Pacífico foram superiores aos anos de 1982 e 1983 (REBELLO *et al.*, 1998). Segundo Oliveira; Satyamurty (1998) durante outubro de 1997 até maio de 1998 a região sul apresentou chuvas acima do normal.

O fenômeno EÑ não é o único responsável pela ocorrência de estiagens e secas no nordeste brasileiro, embora existam comprovações que associem ambos. A relação encontrada entre a seca e o EÑ é um exemplo de que a atmosfera possui um nível de comportamento além do regional. Os impulsos da atmosfera ocorrem em um determinado local agindo como um todo, mas as suas condições meteorológicas e climáticas podem se deslocar por regiões distantes dos quilômetros e pontos iniciais desses impulsos (VAREJÃO-SILVA, 2006).

As variações oceanográficas observadas a partir da extensão do EÑ são as alterações na TSM, modificações na estrutura térmica vertical (especialmente em zonas costeiras), afloramento costeiro e transformações nas correntes, afetando diretamente a abundância e composição das espécies de peixes.

Em anos de EÑ a presença de ciclones na AS é mais intenso, assim, os campos de magnitude toleram diretamente tanto na magnitude da altura significativa de onda quanto na sua direção (SILVA; AMBRIZZI, 2006).

#### **4.2.3 Efeitos do El Niño no Chile**

Na região chilena, especificamente no Atacama, o EÑ se manifesta na quantidade de chuvas. O total de precipitação encontrado é originado a partir de sistemas migratórios de oeste, formando anormalmente uma acumulação elevada de neve na parte alta da Cordilheira e chuvas nas partes médias e baixas. O acréscimo no volume de precipitação pode ser explicado através de um bloqueio situado nas latitudes de regiões polares, no Mar de Bellingshausen, e tende a desviar a rota das frentes migratórias para o norte, possibilitando um aumento nessa zona. Quando se encontra em fase de LÑ o volume de chuvas é baixo e também há um menor acúmulo de neve na Cordilheira dos Andes, durante a estação de inverno, o que geralmente contribui para controlar o volume do fluxo dos rios nos meses seguintes de verão e primavera (JULIÁ *et al.*, 2008).

Entre 30° e 40°S na região central do Chile a variabilidade interanual de precipitação é considerada alta, devido ao caráter transitório

de regimes pluviométricos entre as condições de deserto extremamente árido no norte - 25°S - e as condições climáticas úmidas ao sul - 40°S. Estudos comprovam que essa variabilidade se relaciona com a incidência das fases extremas da OS, resultando nos eventos de EÑ e LÑ. As anomalias da TSM encontradas durante o fenômeno de EÑ estão associadas aos exagerados totais de precipitação, como exemplo os invernos de 1987 e 1997, e as ocorrências de anomalias negativas de TSM, devido ao LÑ, observaram-se déficit de chuvas como em 1988 (ESCOBAR; ACEITUNO, 1998).

No Chile central o regime de precipitação se concentra especialmente durante os meses de abril a setembro em resposta à frequência da atividade frontal, resultado do deslocamento do ASPS para o norte. Durante os meses de verão o anticiclone se desloca mais ao sul, impedindo a ocorrência de chuvas associadas à passagem de sistemas frontais (JULIÁ *et al.*, 2008).

Estudos sobre os eventos de EÑ e LÑ e a atuação sobre o meio ambiente e até mesmo para a população já é documentada, pesquisada, e observada há muito tempo. Pesquisadores exemplificam o caso de 1877 o qual durante a estação chuvosa foram encontradas condições anômalas na região central chilena, na faixa entre 30° e 40°S. Essa anomalia deu origem a outros estudos nessa mesma área para aprofundar a intensidade que o ENOS tinha sobre a variabilidade das chuvas durante o século XIX. As precipitações concentradas na região central chilena ocorrem no inverno austral, quando o anticiclone SE do Pacífico está ao extremo norte de latitude, logo se percebe um aumento na precipitação média anual para o sul a partir das condições de seca no deserto do Atacama, com valores superiores a 3 mil mm, entre 40° e 50°S. A maior parte da chuva está associada a frentes extratropicais e registrada em grandes quantidades, além de queda de neve sobre a Cordilheira dos Andes. A partir de eventos extremos que resultaram em cheias e deslizamentos como 1982, 1987 e 1997 que a população começou a se conscientizar sobre os mesmos e seus danos (ACEITUNO *et al.*, 2008).

Ao longo da costa oeste do continente chileno mais de 50% da precipitação é registrada durante o inverno e relacionada com frentes frias extratropicais, atingindo este local quando o anticiclone está sobre o Oceano Pacífico e os sistemas de baixa pressão são migratórios na localização mais setentrional (QUINTANA; ACEITUNO, 2011).

No Chile as mudanças climáticas nas diferentes escalas de tempo seriam as causas de alterações nos padrões de desova de espécie de peixes pelágicos associados aos ambientes de ressurgência. No norte do país a produção de anchova modificou-se de acordo com as variações do evento

de EÑ, entre o período de 1957 a 2000, com uma diminuição gradual na quantidade da espécie. As anomalias da TSM no Oceano Pacífico apontam que durante os eventos de EÑ em 1982-83, 1987, 1991-92 e 1997-98, e que embora esses episódios possuíssem intensidades diferentes, os registros assinalam para o aumento das anormalidades nas zonas costeiras. O EÑ de 1997-98 mostrou anomalias de temperatura de águas mais quentes em maio de 1997, com diferença de 1°C entre os meses de agosto e dezembro. Neste estudo a abundância de ovos e larvas de anchova apresentou variações nos seus padrões de distribuição, como consequência do evento de EÑ, e explicada por anomalias positivas na temperatura com aumento gradual entre 3° a 4°C (ROJAS *et al.*, 2011).

O EÑ de 1998 além da quantidade abundante de chuvas resultou no fechamento de portos e de passagens nas regiões de montanha, além da morte de 18 pessoas e prejuízo de milhões de dólares (UMPIÉRREZ, 2010).

Na figura 12 encontram-se dois modos de circulação atmosférica, quando estão em condições normais ou quando há atuação do fenômeno EÑ. No caso A, os ventos alísios sopram para a direção oeste, as águas quentes do oceano Pacífico se encostam sobre a costa da Indonésia e Austrália, e a corrente fria de Humboldt ao longo da costa do Peru, Chile e Equador. Essa corrente encontrada em menos de 50m de profundidade dificulta a evaporação e a ocorrência de chuvas em locais secos como a costa do Peru e do Chile. No caso B temos uma situação diferente, os ventos alísios anteriormente encontrados se enfraquecem, as águas quentes chegam até a costa norte do Chile, Peru e ao sul do Equador, e a corrente fria de Humboldt se afasta da costa com profundidade de 200 m. A pesca nesse período diminui e ocorrem mudanças no clima dessa região, como chuva no deserto do Peru, aumento de geadas, e redução das precipitações na região do Altiplano.

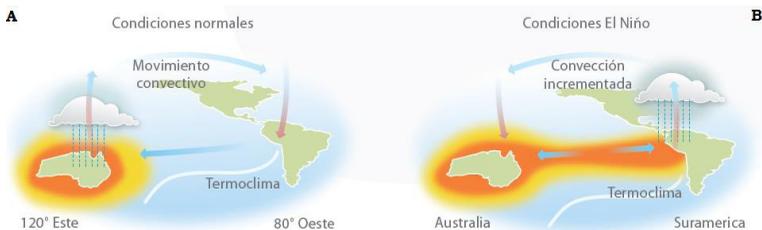


Figura 12: Circulação atmosférica em condições normais e de El Niño. Fonte: Atlas El Niño y La Niña por Comunidad Andina, 2009.

#### 4.2.4 Oscilação Antártica (OAA)

A Oscilação Antártica (OAA) inicialmente foi documentada por Walker em 1928. A região antártica é extremamente importante para a climatologia global, desempenhando papel na variabilidade climática para o HS, com características como a cobertura de neve, o balanço reativo, a luz refletida, e a interação entre a atmosfera e os oceanos (OLIVA, 2011).

A OAA também é conhecida como Modo Anular do Sul (MAS) e se caracteriza por uma diferença entre a pressão da atmosfera correspondente ao nível do mar, dentre as latitudes de 40 até 65°S. Os padrões de pressão atmosférica associados ao MAS estão ao redor de um grande centro de baixa pressão no Polo Sul os quais deslocam-se até centros de altas pressões nas médias latitudes (MENDONÇA; ROMERO, 2012).

Mendes e Cavalcanti (2011) afirmam que a OAA é um assunto pouco procurado e atua sobre os bloqueios atmosféricos, afetando as condições climáticas da AS, cessando a passagem de sistemas frontais e ciclones. Analisando as duas fases da OAA, baseado em uma climatologia de bloqueios no período de 40 anos (1960 – 2000), positiva e negativa, nota-se que os valores mais extremos estão na fase positiva, isso no Pacífico Sudeste, já no Atlântico Sul a ocorrência e frequência estão relativamente próxima nas duas fases. Na fase negativa a assiduidade em que se percebem os eventos é descrita em dois períodos distintos, a primeira em maio e junho, e a segunda em agosto e setembro, na fase positiva, observa-se que a presença se dá em dois momentos, o primeiro em maio e julho, e o segundo em setembro e outubro.

Juntamente com outros processos de macroescala, como a fase positiva da OS, fase fria da ODP, fase positiva da OAA, o fenômeno LÑ e fase negativa da Oscilação do Atlântico Norte são responsáveis por produzirem regularmente as maiores ondas de frio, com intensa magnitude e alcance espacial. Essas ondas cobrem grande parte da atmosfera e são diferentes quando comparadas as geadas ou resfriamentos, comprometendo camadas limites da própria atmosfera. Devido à presença da onda de frio a pressão atmosférica é anormalmente elevada, resultando em períodos de geadas e diminuição de precipitação e temperaturas (ROMERO; MENDONÇA, 2011).

Carvalho *et al.* (2005) relacionaram a intensificação da circulação entre os trópicos e as médias latitudes mostrando que ciclones tendem a se formar e deslocar para baixas latitudes durante a fase negativa. Na fase

positiva há uma configuração de bloqueios com início nos setores central e leste do Oceano Pacífico Sul e persiste sobre a costa leste da AS e Oceano Atlântico Sul.

Thompson; Wallace (2000) perceberam que durante a estação de primavera a circulação no HS na baixa estratosfera está mais ativa e a flutuação da OAA associa-se ao resfriamento no nível da tropopausa, essa relação entre as temperaturas não é tão evidente em outras estações.

Na figura 13, o predomínio das anomalias negativas se encontra nas cores (frias) azuladas na região da Antártica enquanto que positiva nas cores (quentes) vermelhas em regiões de médias latitudes. Nessa fase os ciclones extratropicais e as frentes frias observadas em médias latitudes deslocam-se para locais mais próximos à Antártica. Na fase negativa é esperado um comportamento contrário, destacando-se por uma presença maior de ciclones e frentes na região de médias latitudes.

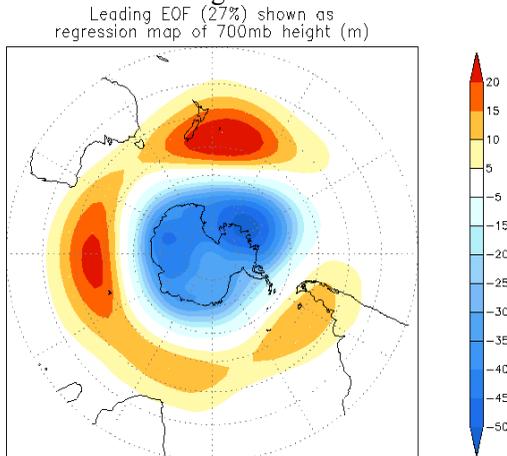


Figura 13: Modo Anular Sul ou OAA. Fonte: NCEP/NOAA.

#### 4.2.5 Oscilação Decadal do Pacífico (ODP)

Na segunda metade da década de 1990 foi identificada uma oscilação na temperatura do Oceano Pacífico (MANTUÁ *et al.*, 1997). Quando comparada ao ENOS essa nova oscilação apresenta período maior de atuação, entre 20 e 30 anos, denominada de Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). Entre as décadas de 1940 a 1970, realizaram-se estudos sobre as variações interdecadais e a possível relação com a produção do salmão, especialmente na região do Alasca (STRECK *et al.*, 2009). Já na década de 1980, os estudos sobre a variação interdecadal

enfatazaram a variação oceânica, assim foi possível caracterizar as fases quentes e frias no Oceano Pacífico Norte como ODP.

A oscilação ocorre em duas fases em uma grande área da Bacia do Pacífico, durante o período de fase fria as anomalias são negativas no Pacífico Tropical e positivas no Pacífico Extratropical, enquanto que na fase quente, as alterações nas anomalias de TSM são opostas, com anomalias positivas no Pacífico Tropical e negativas no Pacífico Extratropical (MANTUÁ *et al.*, 1997). A ODP por meio de teleconexões seria uma das possíveis causas das variabilidades encontradas no centro da AS, considerando que o Oceano Pacífico abrange parte da superfície da Terra, e que os valores de TSM são as condições de contorno inferior mais importante para a atmosfera (MOLION *et al.*, 2004).

Ao longo da costa oeste da América do Norte (AN) e no restante da bacia do Pacífico Norte, a ODP é tratada como uma gangorra, como da mesma forma têm-se o IOS sobre o Pacífico Sul, semelhante ao ocorrido sobre a variação de pressão atmosférica entre dois pontos situados a leste e a oeste da bacia do Pacífico Sul como, por exemplo, acontece com Taiti próximo à costa da AS, e Darwin na Austrália (XAVIER; XAVIER, 2004).

Molion (2005) aponta que a TSM do Oceano Pacífico apresenta características de configuração com prazos mais longos, por estar associada e semelhante ao EÑ. A ODP tem duração entre 20 a 30 anos, enquanto os eventos de EÑ entre 06 e 18 meses, apresentando-se também em duas fases conhecidas: fase fria, a última aconteceu entre 1947 até 1976; e a fase quente com início em 1977 e término em 1998 (figura 14).

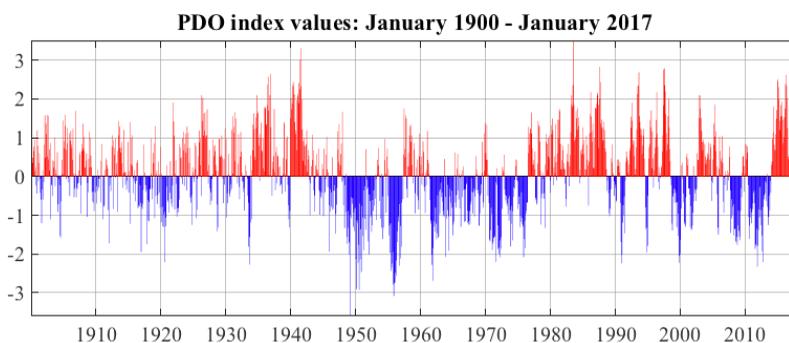


Figura 14: Representação das fases da Oscilação Decadal do Pacífico. Fonte: Join Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean, 2017.

Em 1999 inicia-se uma fase negativa da ODP, a qual, possivelmente continuará até 2025, resultando no aumento e frequência de eventos de LÑ. Com base nessa teoria o sistema acoplado Terra-Oceano-Atmosfera deve historiar um comportamento similar ao registrado na última fase fria (MOLION, 2005).

O sinal do EÑ implica no volume de precipitação sobre a área continental durante o verão, permanecendo mais forte na fase quente da ODP se comparada à fase fria. Essas diferenças são notadas na composição da corrente em 200 hPa, fator relevante para a determinação do regime e composição das chuvas durante as fases da oscilação (ANDREOLI; KAYANO, 2005).

## 5. METODOLOGIA

Os dados de precipitação mensal da cidade de Itajaí e Copiapó foram recolhidos a partir de informações disponíveis no Global Precipitation Climatology Centre (GPCC), encontrados no National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), proposta por Schneider *et al.* (2013), e acessada em: <<http://www.esrl.noaa.gov/psd/>>. A reanálise possui grid de resolução espacial de 0,5° latitude x 0,5° longitude acessíveis no período de 1901 até 2013. Esses dados estão baseados em informações de qualidade controladas a partir de 67.200 estações em todo o mundo, que apresentam durações recordes de 10 anos ou mais. Para Itajaí a localização do grid mais próximo a sua posição geográfica encontrava-se em duas latitudes 26.75° e 27.25°S, coletaram-se os dados para ambas, e longitudes de 48.75°W, posteriormente realizou-se a média com esses valores, e os resultados foram utilizados nessa pesquisa. Para Copiapó não foi necessário utilizar médias de índices logo que sua posição estava dentro de um dos pontos latitudinais, como 27.25°S e 70.25°W. Ainda se analisaram os boletins dos sistemas meteorológicos e massas de ar para Itajaí a partir dos relatórios do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, bem como os Boletins Climanalise, imagens de satélite, cartas sinóticas. Para a cidade de Copiapó se considerou os Boletins Climáticos do Departamento de Geofísica da Universidade do Chile e de dados da Dirección Meteorológica do Chile. Com os dados de precipitação, as imagens, e os boletins foi possível realizar as análises dos principais extremos que causaram inundações nas áreas de estudo.

Para o levantamento dos eventos (inundação, enxurrada, alagamento, aluviões) encontrados, bem como os danos e prejuízos na cidade de Copiapó foram utilizados os Anuários Meteorológicos da Dirección Meteorológica del Chile, os boletins anuais do Medio Ambiente do Instituto Nacional de Estadísticas, boletins do Ministerio del Interior y Seguridad Pública, além reportagens do Jornal Diario Atacama, Diario Chañarcillo, Diario La Tercera, Geologia Virtual. As adversidades na cidade de Itajaí foram compiladas por meio dos decretos e/ou AVADANS de desastres disponíveis no Sistema Integrado de Informação sobre Desastres (S2iD), além do Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina com informações referentes entre o período de 1980 a 2010. Ainda se reuniram dados de cotas para compor os gráficos de cotas médias e máximas das cidades de Blumenau, Rio do Sul e Indaial disponíveis nas séries históricas dos dados hidrológicos do Sistema de

Informações Hidrológicas (HIDROWEB) no site da Agência Nacional das águas (ANA). A escolha desses três municípios se deu pela proximidade da área de estudo, atravessada pelo mesmo rio, e pela falta de dados para a cidade de Itajaí, vale ressaltar que alguns períodos também estão com falhas nos dados, então, utilizou-se aqueles de possíveis acessos e aproveitáveis. Os picos de enchentes na Bacia do Rio Itajaí-Açú estão disponíveis no Centro de Operação do Sistema de Alerta (CEOPS/FURB), os mapas de levantamento das inundações do município no site da própria Defesa Civil, além de notas, notícias, e bibliografias sobre as ocorrências.

A segunda parte da pesquisa é composta por imagens de TSM para os Oceanos Atlântico e Pacífico. Para tal utilizou-se dados diários de TSM com alta resolução e cobertura espacial de  $0,25^\circ$  latitude x  $0,25^\circ$  longitude disponível no National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA/OAR/ESRL/PSD), acessível desde 1981 (REYNOLDS *et al.*, 2007). Utilizaram-se dados diários, logo que estavam dispostos em um melhor grid de resolução, enquanto os dados mensais encontravam-se em grids superiores a  $1.0^\circ$  latitude x  $1.0^\circ$  longitude. Posteriormente calculou-se a média mensal e empregou-se o software Grids Analysis and Display System (GrADS) para gerar as imagens dos casos escolhidos durante a pesquisa. Os pontos dos satélites de TSM situam-se próximos as cidades consideradas, em suas respectivas costas, sendo para os Oceanos Atlântico e Pacífico a latitude de  $26^\circ 54' 54''$  S, longitude de  $48^\circ 37' 26''$  W para o primeiro e  $71^\circ 24' 00''$  W para o segundo. Para análise de correlação entre a TSM e os eventos de inundações utilizou-se a regressão linear e aplicação *teste t* de *Student* para verificar a significância estatística do coeficiente de correlação de Pearson (*r*). Todos os dados e testes foram manipulados no software Excel utilizando as médias mensais da temperatura dos oceanos Atlântico e Pacífico e os totais mensais de precipitação em Itajaí e Copiapó.

Para a definição da cronologia dos eventos de EÑ e LÑ, foi utilizado o critério proposto pelo Climate Prediction Center (CPC) disponível no National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) que define a ocorrência do EÑ e LÑ quando os períodos quentes (vermelho) e frios (azul) baseados em um limiar de  $\pm 0,5^\circ$  C para o Índice de Niño Oceânico (ONI), considerando a média de 3 meses de anomalias de TSM na região Niño 3.4. A tabela 1 apresenta índices das fases do ENOS, distribuídos nos períodos quentes, frios e neutros.

Tabela 1: Eventos de EÑ, LÑ e neutralidade entre 1980 e 2011. Fonte: NCEP/NOAA.

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1980	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,3	0,2	0	0,1	0,1	0
1981	-0,2	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1	-0,1	0
1982	0	0,1	0,2	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,5	1,9	2,1	2,1
1983	2,1	1,8	1,5	1,2	1,0	0,7	0,3	0	-0,3	-0,6	-0,8	-0,8
1984	-0,5	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,3	-0,6	-0,9	-1,1
1985	-0,9	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,4	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,3
1986	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,1	0	0,2	0,4	0,7	0,9	1,0	1,1
1987	1,1	1,2	1,1	1,0	0,9	1,1	1,4	1,6	1,6	1,4	1,2	1,1
1988	0,8	0,5	0,1	-0,3	-0,8	-1,2	-1,2	-1,1	-1,2	-1,4	-1,7	-1,8
1989	-1,6	-1,4	-1,1	-0,9	-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	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4
1991	0,4	0,3	0,2	0,2	0,4	0,6	0,7	0,7	0,7	0,8	1,2	1,4
1992	1,6	1,5	1,4	1,2	1,0	0,8	0,5	0,2	0	-0,1	-0,1	0
1993	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
1994	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,9	1,0
1995	0,9	0,7	0,5	0,3	0,2	0	-0,2	-0,5	-0,7	-0,9	-1,0	-0,9
1996	-0,9	-0,7	-0,6	-0,4	-0,2	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5
1997	-0,5	-0,4	-0,2	0,1	0,6	1,0	1,4	1,7	2,0	2,2	2,3	2,3
1998	2,1	1,8	1,4	1,0	0,5	-0,1	-0,7	-1,0	-1,2	-1,2	-1,3	-1,4
1999	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9	-0,9	-1,0	-1,0	-1,0	-1,1	-1,2	-1,4	-1,6
2000	-1,6	-1,4	-1,1	-0,9	-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8
2001	-0,7	-0,6	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	0	-0,1	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3
2002	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,4	0,7	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,1
2003	0,9	0,6	0,4	0	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4
2004	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
2005	0,6	0,6	0,5	0,5	0,4	0,2	0,1	0	0	-0,1	-0,4	-0,7
2006	-0,7	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	0,9	1,0
2007	0,7	0,3	0	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,6	-0,8	-1,1	-1,2	-1,3
2008	-1,4	-1,3	-1,1	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,5	-0,7
2009	-0,8	-0,7	-0,4	-0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	1,0	1,2	1,3
2010	1,3	1,1	0,8	0,5	0	-0,4	-0,8	-1,1	-1,3	-1,4	-1,3	-1,4
2011	-1,3	-1,1	-0,8	-0,6	-0,3	-0,2	-0,3	-0,5	-0,7	-0,9	-0,9	-0,8

Para análise da ODP empregou-se a tabela mensal entre 1980 e 2011 calculada por Mantuá *et al.* (1997) (tabela 2). Esse índice é calculado a partir das anomalias médias mensais de TSM que são removidos para separar esse padrão a partir de qualquer sinal de aquecimento encontrado nos dados.

Tabela 2: Índice mensal da ODP no período de 1980 até 2011. Fonte: <http://research.jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest.txt>

YEAR	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC
1980	-0.11	1.32	1.09	1.49	1.20	-0.22	0.23	0.51	0.10	1.35	0.37	-0.10
1981	0.59	1.46	0.99	1.45	1.75	1.69	0.84	0.18	0.42	0.18	0.80	0.67
1982	0.34	0.20	0.19	-0.19	-0.58	-0.78	0.58	0.39	0.84	0.37	-0.25	0.26
1983	0.56	1.14	2.11	1.87	1.80	2.36	3.51	1.85	0.91	0.96	1.02	1.69
1984	1.50	1.21	1.77	1.52	1.30	0.18	-0.18	-0.03	0.67	0.58	0.71	0.82
1985	1.27	0.94	0.57	0.19	0.00	0.18	1.07	0.81	0.44	0.29	-0.75	0.38
1986	1.12	1.61	2.18	1.55	1.16	0.89	1.38	0.22	0.22	1.00	1.77	1.77
1987	1.88	1.75	2.10	2.16	1.85	0.73	2.01	2.83	2.44	1.36	1.47	1.27
1988	0.98	1.24	1.42	0.94	1.20	0.74	0.64	0.19	-0.37	-0.10	-0.02	-0.43
1989	-0.95	-1.02	-0.83	-0.32	0.47	0.36	0.83	0.09	0.05	-0.12	-0.50	-0.21
1990	-0.30	-0.65	-0.62	0.27	0.44	0.44	0.27	0.11	0.38	-0.69	-1.69	-2.23
1991	-2.02	-1.19	-0.74	-1.01	-0.51	-1.47	-0.10	0.36	0.65	0.49	0.42	0.09
1992	0.05	0.31	0.67	0.75	1.54	1.26	1.90	1.44	0.83	0.93	0.93	0.53
1993	0.05	0.19	0.76	1.21	2.13	2.34	2.35	2.69	1.56	1.41	1.24	1.07
1994	1.21	0.59	0.80	1.05	1.23	0.46	0.06	-0.79	-1.36	-1.32	-1.96	-1.79
1995	-0.49	0.46	0.75	0.83	1.46	1.27	1.71	0.21	1.16	0.47	-0.28	0.16
1996	0.59	0.75	1.01	1.46	2.18	1.10	0.77	-0.14	0.24	-0.33	0.09	-0.05
1997	0.23	0.28	0.65	1.05	1.83	2.76	2.35	2.79	2.19	1.61	1.12	0.67
1998	0.83	1.56	2.01	1.27	0.70	0.40	-0.04	-0.22	-1.21	-1.39	-0.52	-0.44
1999	-0.32	-0.66	-0.33	-0.41	-0.68	-1.30	-0.66	-0.96	-1.53	-2.23	-2.05	-1.63
2000	-2.00	-0.83	0.29	0.35	-0.05	-0.44	-0.66	-1.19	-1.24	-1.30	-0.53	0.52
2001	0.60	0.29	0.45	-0.31	-0.30	-0.47	-1.31	-0.77	-1.37	-1.37	-1.26	-0.93
2002	0.27	-0.64	-0.43	-0.32	-0.63	-0.35	-0.31	0.60	0.43	0.42	1.51	2.10
2003	2.09	1.75	1.51	1.18	0.89	0.68	0.96	0.88	0.01	0.83	0.52	0.33
2004	0.48	0.48	0.61	0.57	0.88	0.04	0.44	0.85	0.75	-0.11	-0.63	-0.17
2005	0.44	0.81	1.36	1.03	1.86	1.17	0.66	0.25	-0.46	-1.32	-1.50	0.20
2006	1.08	0.66	0.05	0.40	0.48	1.04	0.35	-0.65	-0.94	-0.05	-0.22	0.14
2007	0.01	0.04	-0.36	0.16	-0.10	0.09	0.78	0.50	-0.36	-1.45	-1.08	-0.38
2008	-1.00	-0.77	-0.71	-1.52	-1.37	-1.34	-1.67	-1.70	-1.55	-1.76	-1.25	-0.87
2009	-1.40	-1.25	-1.59	-1.65	-0.88	-0.31	-0.53	0.09	0.52	0.27	-0.40	0.08
2010	0.83	0.82	0.44	0.78	0.62	-0.22	-1.05	-1.27	-1.61	-1.06	-0.82	-1.21
2011	-0.92	-0.83	-0.69	-0.42	-0.37	-0.69	-1.86	-1.74	-1.79	-1.34	-2.33	-1.79

Para o índice de OAA se aplicaram os dados mensais entre 1980 até 2011 obtidos através do Climate Prediction Center/National Centers for Environmental Prediction (CPC/NCEP) (tabela 3).

Tabela 3: Índices mensais de OAA para 1980 até 2011. Fonte: [cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily\\_ao\\_index/ao/monthly.ao.index.b79.current.ascii.table](http://cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/ao/monthly.ao.index.b79.current.ascii.table)

Year	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1980	-0.447	-0.980	-1.424	-2.068	-0.479	0.286	-1.944	-0.997	-1.701	0.577	-2.013	-0.356
1981	0.231	0.039	-0.966	-1.462	-0.344	0.352	-0.986	-2.118	-1.509	-0.260	0.626	1.116
1982	-0.554	0.277	1.603	1.531	0.118	0.920	-0.415	0.779	1.580	-0.702	-0.849	-1.934
1983	-1.340	-1.081	0.166	0.149	-0.437	-0.263	1.114	0.792	-0.696	1.193	0.727	0.475
1984	-1.098	-0.544	0.251	-0.204	-1.237	0.426	0.890	-0.548	0.327	-0.009	-0.024	-1.476
1985	-0.795	0.215	-0.134	0.031	-0.066	-0.331	1.914	0.595	1.507	0.471	1.085	1.240
1986	0.158	-1.558	-0.770	-0.087	-1.847	-0.619	0.089	-0.157	0.849	0.306	-0.222	0.886
1987	-0.950	-0.708	-0.133	-0.286	0.039	-0.702	-1.531	1.485	-0.799	0.455	1.060	0.272
1988	-0.612	0.551	-0.219	-0.077	-0.749	-1.055	0.576	-0.745	-0.689	-2.314	0.401	1.074
1989	0.618	0.849	0.632	-0.573	2.691	1.995	1.458	-0.132	-0.121	0.136	0.572	-0.445
1990	-0.352	1.151	0.414	-1.879	-1.803	0.093	-1.215	0.466	1.482	0.139	-0.359	-0.312
1991	0.869	-0.852	0.522	-0.639	-0.539	-1.155	-1.220	0.036	-0.513	-0.623	-0.804	-2.067
1992	0.073	-1.627	-1.010	-0.439	-2.032	-2.193	-0.566	-0.350	0.435	-0.319	0.122	0.244
1993	-2.021	0.437	-0.378	0.087	1.260	1.218	1.957	1.083	1.061	0.748	0.324	1.028
1994	0.723	1.157	0.693	-0.052	-0.153	-1.682	-0.492	1.910	-0.947	-0.578	-0.795	0.933
1995	1.448	0.533	-0.154	0.649	1.397	-0.802	-3.010	-0.696	1.173	-0.057	0.143	1.470
1996	0.332	-0.525	0.543	0.115	0.983	-0.252	0.021	-1.502	-1.314	0.966	-1.667	-0.023
1997	0.369	-0.244	0.701	-0.458	1.028	-0.458	0.780	0.768	0.122	-0.595	-1.905	-0.835
1998	0.413	0.390	0.736	1.927	-0.038	1.031	1.450	0.904	-0.122	0.400	0.817	1.435
1999	0.999	0.456	0.180	0.949	1.639	-1.325	0.316	0.042	-0.012	1.653	0.901	1.784
2000	1.273	0.620	0.133	0.233	1.127	0.117	0.059	-0.674	-1.853	0.347	-1.537	-1.290
2001	-0.471	-0.265	-0.555	0.515	-0.262	0.386	-0.928	0.910	1.161	1.277	0.996	1.474
2002	0.747	1.334	-1.823	0.165	-2.798	-1.112	-0.591	-0.099	-0.864	-2.564	-0.924	1.308
2003	-0.988	-0.357	-0.188	0.224	0.385	-0.775	0.727	0.678	-0.323	-0.025	-0.712	-1.323
2004	0.807	-1.182	0.432	0.151	0.460	1.195	1.474	-0.071	0.254	-0.042	-0.242	-0.973
2005	-0.129	1.243	0.158	0.355	-0.297	-1.428	-0.252	0.228	0.241	0.031	-0.551	-1.968
2006	0.339	-0.211	0.501	-0.169	1.695	0.438	0.926	-1.727	-0.324	0.879	0.101	0.638
2007	-0.083	0.075	-0.570	-1.055	-0.612	-1.198	-2.631	-0.108	0.051	-0.434	-0.984	1.929
2008	1.208	1.147	0.587	-0.873	-0.490	1.348	0.320	0.087	1.386	1.215	0.920	1.194
2009	0.963	0.456	0.605	0.029	-0.733	-0.470	-1.234	-0.686	-0.017	0.085	-1.915	0.607
2010	-0.757	-0.775	0.108	0.377	1.021	2.071	2.424	1.510	0.402	1.335	1.516	0.205
2011	0.052	1.074	-0.296	-0.870	1.266	-0.099	-1.384	-1.202	-1.250	0.388	-0.908	2.573



## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1 IDENTIFICAÇÃO DOS EVENTOS EXTREMOS ENCONTRADOS ENTRE 1980 E 2011**

Ao longo dos trinta e um anos propostos por essa pesquisa levantaram-se os eventos de considerada relevância para cada localidade, e assim, foram analisados aqueles que possuíram relação com os maiores volumes de precipitação como enxurradas, inundações, enchentes, e fatores característicos do oceano como inundação litorânea causada pela brusca invasão do mar e marés de tempestades (ressacas), temporais e aluviões.

A seguir apresentam-se os principais episódios extremos observados ao longo dos 31 anos nas duas cidades e regiões próximas (quadro 01 e 02). O preenchimento das variabilidades como ODP e OAA do quadro 01 e 02 estão de acordo com os índices mensais citados nos Materiais e Métodos (tópico 6) durante o evento específico.

Quadro 1: Episódios de eventos extremos relacionados às intensas precipitações encontrados em Itajaí entre 1980 e 2011(continua).

Ano do evento	Mês de ocorrência do evento	Tipo de desastre	Área afetada	Danos	ENOS	ODP	OAA	Observações
1980	Dezembro	Enchente lenta	Vale do Itajaí.	Grande número de desabrigados. Inundação de centenas de residência.	Neutralidade	Negativa	Negativa	Atingiu 17 cidades.
1983	Julho	Enchentes ou inundações graduais	Estado de Santa Catarina	Temporais e enchentes nos principais sistemas hidrográficos. 197 mil desabrigados e 49 mortos.	El Niño	Positiva	Positiva	Declarado estado de calamidade pública em todo o território catarinense.
1984	Agosto	Enxurradas ou inundações bruscas	Vale do Itajaí, Norte, Região Serrana.	Transbordamento de diversos rios atingindo importantes áreas urbanas. Estimativas apontam para 15 mil desabrigados.	La Niña	Negativa	Negativa	Elevadas precipitações sobre Santa Catarina a partir de 05 de agosto. Estado de calamidade pública para os municípios afetados.
1990	Janeiro	Enxurradas ou inundações bruscas	Itajaí, Apiúna, Itapoá, Blumenau e Anitápolis.	Residências destruídas e inundadas, pessoas desabrigadas, danos na lavoura.	Neutralidade	Negativa	Negativa	Incessantes chuvas sobre os municípios. Reconhecimento de situação de emergência.
1992	Maio	Enchentes ou inundações graduais	Itajaí.	Residências inundadas, desmoronamentos (em 04 locais) de encostas de morros em vias públicas. No total 6.250 propriedades foram atingidas e 216 residências destruídas, além de escolas, vias urbanas, empresas privadas.	El Niño	Positiva	Negativa	Estado de emergência em todo o município. Forte precipitação pluviométrica na Bacia do Rio Itajaí.

Quadro 1: Episódios de eventos extremos relacionados às intensas precipitações encontrados em Itajaí entre 1980 e 2011(continuação).

1993	Fevereiro	Enxurradas ou inundações bruscas	Itajaí	150 residências danificadas, prejuízos em vias urbanas, estradas e sistema de drenagem.	Neutralidade	Positiva	Positiva	17 cidades em situação de emergência, 02 em estado de calamidade pública.
1994	Março	Enxurradas ou inundações bruscas	Itajaí.	---	Neutralidade	Positiva	Positiva	Duração de seis dias.
1995	Fevereiro	Enxurrada ou inundaçãobrusca	Grande Florianópolis e Vale do Itajaí.	Desabrigados e perdas na agricultura, prejuízos nas lavouras.	El Niño	Positiva	Positiva	Em Itajaí a maior preocupação fora com as estradas. Prejuízo orçado de R\$ 150 mil.
	Dezembro	Inundações graduais	Litoral centro-sul	Registro do maior número de desastres naturais relacionados às inundações.	La Niña			Atuação de sistemas atmosféricos como sistema frontal transiente intensificado por vórtice.
1996	Julho	Inundações litorâneas causadas pela brusca invasão do mar	Municípios litorâneos, além de cidades no Rio Grande do Sul.	Ressaca de inverno que invadiu ruas e provocou estragos em casas, causando prejuízos (ANEXO A).	La Niña	Positiva	Positiva	Massa de ar frio que resultou na subida exagerada do nível da água e fortes ventos.
1997	Janeiro	Inundação gradual e brusca	Vertente Atlântica de Santa Catarina	Pessoas desabrigadas, 35 municípios afetados, 07 mortes.	Neutralidade	Positiva	Positiva	Desvios de precipitação acima do normal para a região centro-leste. Influência da ZCAS sobre as chuvas anômalas.

Quadro 1: Episódios de eventos extremos relacionados às intensas precipitações encontrados em Itajaí entre 1980 e 2011(continuação).

1997	Outubro	Enxurrada ou inundação brusca	Mesorregiões Sul, Grande Florianópolis e Vale do Itajaí.	Alagamentos nas regiões mais baixas das cidades. No estado cerca de 37 municípios foram atingidos.	El Niño	Positiva	Negativa	Em Itajaí mais de 350 residências foram atingidas. Anomalia positiva da temperatura do oceano maior que 5°C.
1998	Janeiro	Enxurradas ou inundações bruscas	Vale do Itajaí, Grande Florianópolis e Norte.	Deslizamentos de terras. Alagamentos em múltiplos pontos das cidades.	El Niño	Positiva	Positiva	Algumas famílias foram retiradas de suas casas em virtude dos escorregamentos.
1999	Janeiro	Enxurrada ou inundação brusca	Itajaí.	Alagamento na zona rural e proximidades. Quantidade de água acima do normal, saturando o solo, e exigindo a retirada de moradores de suas residências.	La Niña	Negativa	Positiva	350 pessoas desalojadas, 13 municípios decretaram situação de emergência. Danos em estradas, tubulações, indústrias.
2001	Outubro	Enchentes ou inundações graduais	Vale do Itajaí.	Pessoas desabrigadas, desalojadas e deslocadas. Cerca de 741 residências foram afetadas e 02 ficaram destruídas, além de danos em estradas, pavimentação de vias. Registro de erosão e deslizamento de solo.	Neutralidade	Negativa	Positiva	Por estar localizado na foz do Rio Itajaí-Açú, o município sofre com inundações em períodos intensos de chuvas. Itajaí atingida por um grande volume de água proveniente dos rios. Desastre de grande porte.

Quadro 1: Episódios de eventos extremos relacionados às intensas precipitações encontrados em Itajaí entre 1980 e 2011(continuação).

2003	Novembro	Enxurradas ou inundações bruscas	Totalidade do Município de Itajaí.	Fortes chuvas com ocorrências de deslizamentos, enxurradas e alagamentos. 15.000 pessoas afetadas, 800 residências danificadas e 07 destruídas, além de estradas, obras de drenagem.	Neutralidade	Positiv	Negativa	Deslizamento de rocha e queda de parte de encostas, destruição parcial da barragem de contenção, comprometendo o fornecimento de água.
2006	Abril	Inundações litorâneas causadas pela brusca invasão do mar (ANEXO B).	Itajaí.	As áreas afetadas foram residenciais, comerciais, industriais, agrícola, além do turismo.	El Niño	Positiva	Negativa	Prejuízo de 300 toneladas de grãos de arroz e na horticultura de 500 toneladas.
	Outubro	Inundações litorâneas causadas pela brusca invasão do mar	Itajaí	As áreas afetadas foram residenciais, comerciais, industriais. 167.000 pessoas foram afetadas. Situação de emergência.	La Niña	Negativa	Positiva	Chuvas localizadas, diminuição do volume dos rios Mirim e Canhanduba. Desastre de porte médio.
2008	Janeiro	Enxurradas ou inundações bruscas	Vale do Itajaí.	Erosão e deslizamento de solo. Chuvas afetaram as áreas rurais e urbanas, residenciais e agrícolas. Prejuízos econômicos nas plantações.	La Niña	Negativa	Positiva	Enxurradas por chuvas intensas e localizadas. Ocorrência de deslizamento e erosão do solo. Pessoas desalojadas e desabrigadas.

Quadro 1: Episódios de eventos extremos relacionados às intensas precipitações encontrados em Itajaí entre 1980 e 2011(continuação).

2008	Fevereiro	Enxurradas ou inundações bruscas	Vale do Itajaí.	Alagamentos em diversos pontos do município, em alguns bairros quase todas as ruas foram afetadas.	La Niña	Negativa	Positiva	Fenômeno conhecido como lestada. Precipitação pluviométrica provocando alagamentos. 89.890 pessoas desalojadas.
	Novembro			Centenas de ruas permaneceram alagadas, registraram-se também deslizamentos e desmoronamentos de encostas.	Neutralidade			Aumento no volume dos rios Itajaí-Açú e Mirim. O rio alcança seu máximo com a cota altimétrica de 4,5 mm.
2009	Julho	Enxurradas ou inundações bruscas	Zona urbana do município de Itajaí.	Alagamentos.	El Niño	Negativa	Negativa	Situação de emergência no Complexo Portuário (ANEXO C).
2011	Setembro	Enchentes ou inundações graduais	Diversos municípios no Estado de Santa Catarina.	Deslizamentos, alagamentos, residências afetadas e destruídas.	La Niña	Negativa	Negativa	Declarado situação de emergência em Itajaí. Precipitação elevada entre os dias 06 e 09. Subida do nível do rio.

Elaborado por: Bárbara Dutra, 2015.

Fonte: Formulário de Avaliação de Danos (AVADANS/S2ID), Atlas de Desastres Naturais de Santa Catarina, Climate Prediction Center /National Oceanic and Atmosphere Administration (CPC/NCEP/NOAA), Join Institute for the Study of Atmosphere and Ocean (JISAO/WASHINGTON/EDU), Climate Prediction Center (CPC/NCEP/NOAA).

Quadro 2: Episódios de eventos extremos relacionados às intensas precipitações encontrados em Copiapó entre 1980 e 2011 (continua).

Ano do Evento	Mês de ocorrência do evento	Tipo de desastre	Área afetada	Danos	ENOS	ODP	OAA	Observações
1980	Julho	Aluvião no Vale do Copiapó	---	---	Neutralidade	Positiva	Negativa	--
1984	Julho	Tempestade	Santiago, Atacama e outras regiões.	Desabrigados, desalojados, afetados e pessoas mortas.	La Niña	Negativa	Positiva	Aproximadamente 242.345 pessoas foram prejudicadas com as fortes tempestades convectivas.
1987	Julho	Inundação	Avalanche de neve e pontes tombadas. Naufrágios e aumento do nível dos rios. 1.583 residências foram afetadas.	Mortos e afetados.	El Niño	Positiva	Negativa	Entre os meses de julho e agosto 127 pessoas morreram e 197.364 foram comprometidas em todo o país. O temporal afetou severamente setores como obras públicas, agricultura, mineração e áreas urbanas.
1991	Junho	Aluviões e inundações	Região Centro-Norte e Antofagasta.	Pessoas desabrigadas, mortos, e prejuízos econômicos. Desmoronamento e deslizamento de terra na região de Antofagasta.	El Niño	Negativa	Negativa	82.811 pessoas foram afetadas e 141 mortos em todo o país.

Quadro 2: Episódios de eventos extremos relacionados às intensas precipitações encontrados em Copiapó entre 1980 e 2011 (continuação).

1997	Junho	Inundações e tempestades	Santiago, Atacama, Andes e Puerto Mont.	Afetados e mortos, desabrigados e desalojados, além de danos e prejuízos econômicos.	El Niño	Positiva	Negativa	No total 26 pessoas morreram e 79.050 afetados. Em um forte evento nos dias 11, 15 e 19 de junho 2.208 pessoas foram afetadas e 4.789 ficaram desalojadas.
1999	Abril	Inundações e tempestades	Chañaral e Copiapó.	Aumento dos rios danificando moradias e prejuízos econômicos.	La Niña	Negativa	Positiva	No final de abril as chuvas danificaram 16 casas. Cerca de 70 cm de água. Raios e trovões atingiram a cidade.
2000	Junho	Temporais	Atacama.	Desalojados, desabrigados e vítimas.	La Niña	Negativa	Positiva	No dia 30, 195 pessoas ficaram desalojadas e 995 foram prejudicadas na região. No território chileno 139.667 indivíduos foram afetados.
2002	Agosto	Temporais	Atacama, Copiapó.	Pessoas desalojadas, feridas, mortas, além de 4.859 prejudicadas. Danos em edifícios e obras de infraestrutura.	El Niño	Positiva	Negativa	Nesse período pessoas 56 permaneceram desalojadas. Em maio as inundações afetaram 221.842 pessoas.

Quadro 2: Episódios de eventos extremos relacionados às intensas precipitações encontrados em Copiapó entre 1980 e 2011 (continuação).

2004	Julho	Temporais	Região do Atacama.	Dois temporais na região deixando desabrigados e desalojados.	Neutralidade tendendo a El Niño	Positiva	Positiva	86 pessoas ficaram desabrigadas, 22.698 foram afetadas, incidência de fortes chuvas e excesso de água.
2005	Julho	Tempestade e temporal	Região do Atacama.	Na região do Atacama 83 pessoas ficaram desabrigadas.	Neutralidade	Positiva	Negativa	ONEMI declarou um alerta em relação a quantidade prevista considerada não recorrente para a área. Núcleo frio em altura.
2007	Junho	Temporal	Atacama	Chuvas intensas no vale, sendo que na região de cordilheira registrou-se neve.	Neutralidade tendendo a La Niña	Positiva	Positiva	Queda de neve e dois temporais na Região do Atacama. ONEMI declarou alerta preventivo. Sistema frontal.
2008	Julho	Neve e temporais	Atacama e Antofagasta.	Alagamentos de estradas na região metropolitana. 03 residências destruídas, 02 pessoas desalojadas e 09 prejudicadas.	La Niña	Negativa	Positiva	02 eventos de neve e 01 de chuva forte.
2010	Maiο	Temporais	Atacama.	297 pessoas prejudicadas e 115 desabrigados.	El Niño com transição para período de neutralidade	Positiva	Positiva	Núcleo frio em altura causando fortes ventos e pequenos danos.

Quadro 2: Episódios de eventos extremos relacionados às intensas precipitações encontrados em Copiapó entre 1980 e 2011 (continuação).

2011	Julho	Temporais e inundações	Atacama.	Desabrigados, prejuízos econômicos, elevação do nível do rio.	La Niña	Negativa	Negativa	Na região do Atacama 10.671 pessoas foram atingidas. Tsunami com ondas de 02 metros em Caldera. Sistema frontal em junho causando pequenos danos em 329 residências.
------	-------	------------------------	----------	---	---------	----------	----------	--

Elaborado por: Bárbara Dutra, 2015. Fonte: Anuario Medio Ambiente/Instituto Nacional de Estadísticas (INE), Diario Chañarcillo, Diario Atacama, Climate Prediction Center /National Oceanic and Atmosphere Administration (CPC/NCEP/NOAA), Join Institute for the Study of Atmosphere and Ocean (JISAO/WASHINGTON/EDU), Climate Prediction Center (CPC/NCEP/NOAA).

No quadro 01 foram contabilizados 24 episódios, dentre enchentes e enxurradas. Desses 24 casos levantados, 14 deles foram de inundações bruscas com totais elevados de precipitação em janeiro, fevereiro e novembro de 2008. As enxurradas predominaram especialmente durante o mês de janeiro. Quanto os índices mensais acerca das variabilidades, aproximadamente 08 casos de inundações bruscas apontaram índices positivos da OAA e 07 com índices positivos da ODP. Além disso, encontraram-se 07 episódios de enchentes ou inundações graduais, dessas a maior precipitação foi em julho de 1983. Quanto às inundações graduais e os índices das variabilidades nota-se que 04 eventos com índice positivo de ODP e OAA. Ainda foram contabilizadas as inundações litorâneas causadas pela brusca invasão do mar, com três eventos.

Quando registrados os episódios de elevadas precipitações abrangem outras cidades além de Itajaí, como Blumenau, Rio do Sul, municípios na região norte e mesorregião sul do estado de Santa Catarina. As inundações ou enxurradas provocaram diversos danos, e além dos sociais, prejudicam os setores econômicos como agrícola, indústrias e o comércio, levando diversos municípios a decretarem estado de calamidade pública ou emergência. Alguns casos atingiram mais de 50% da porção territorial do estado como nos anos de 1983 e 2008.

No quadro 02, referente aos eventos encontrados em Copiapó, inicialmente conclui-se que os volumes de precipitação são menores quando comparados à cidade de Itajaí, com o maior registro anual de aproximadamente 120 mm em 1997. Os episódios se concentraram principalmente nos meses de julho (07 casos) e junho (04 eventos), ainda registraram-se ocorrências em abril, maio e agosto. Nos 31 anos de estudo, alguns acontecimentos não foram considerados significativos, seja por pouca ou nenhuma precipitação, e dentre aqueles encontrados, 08 episódios foram de temporais, o maior em julho de 2011. Ademais se registraram 04 casos de inundações, além de aluviões, tempestades e neve. Dos 07 eventos de fortes temporais, 04 deles se encontravam com índice positivo da ODP e 03 na fria, quanto à OAA, 03 permaneciam positivo e 04 negativo.

Os eventos de maior repercussão em Copiapó e na região do Atacama relacionados às fortes chuvas aconteceram nos anos de 1983, 1984, 1987, 1997, 2000, 2010 e 2011, prejudicando os setores econômicos como agricultura e mineração, arruinando as obras públicas, áreas urbanas, residências, etc.

## 6.2 CARACTERIZAÇÃO DOS PRINCIPAIS EVENTOS: 1983, 1984, 1997, 2008 E 2011.

A seguir se distinguem os episódios principais em ambas as cidades: 1983, 1984, 1997, 2008 e 2011.

### 6.2.1 Evento de 1983

No evento ocorrido nesse período o Porto de Itajaí, principal fonte de economia da cidade, foi severamente afetado pela enchente, teve parte do seu cais destruído pelas chuvas sendo assim restaurado pelo exército brasileiro.

As inundações nesse ano ocorreram no mês de julho e foram originadas a partir de um sistema estacionário sobre a região sul, com intensa atividade e período prolongado. Em Santa Catarina esse evento extremo teve forte repercussão, levando o Governador do Estado a declarar a circunstância como calamidade pública (ANEXO D). O gráfico com os valores mensais de precipitação para Itajaí e as respectivas médias históricas mostra que apenas os meses de agosto e outubro permaneceram abaixo da normal (figura 15).

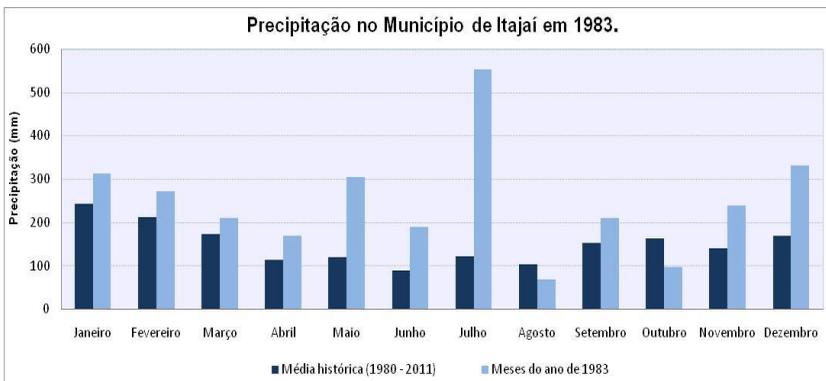


Figura 15: Precipitação mensal para Itajaí em 1983. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

Em julho de 1983 os totais pluviométricos que acarretaram em inúmeros episódios de desastres em Santa Catarina foram elevados, especialmente nas regiões Oeste, Meio-Oeste, Serrana, parte do Paraná e Rio Grande do Sul, com valores adiante de 560 mm e uma pequena faixa acima de 740 mm (figura 16).

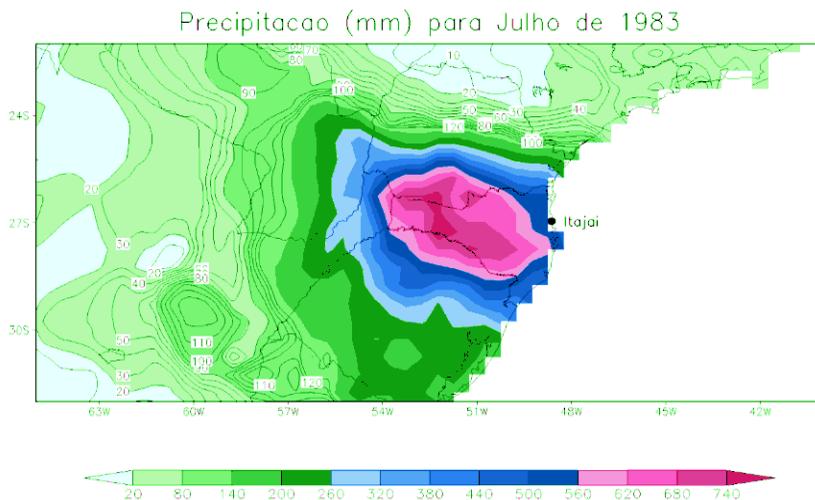


Figura 16: Reanálise de precipitação total mensal em julho de 1983 para o sul do Brasil. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

A Figura 17 (A, B e C) representa a cota média mensal, a máxima mensal e as médias históricas em municípios próximos à Itajaí no período de 1983, todos se tratando do Rio Itajaí-Açú. Para o período de ocorrência das inundações no Vale do Itajaí, em julho, houveram falhas de cotas nos dados coletados na Agência Nacional das Águas, assim a partir do Centro de Operação de Sistema de Alerta (CEOPS/FURB) constatou que os picos de enchentes para Blumenau, Rio do Sul e Indaial, foram de 15,34, 13,58 e 7,76 m, respectivamente, e diversas localidades apresentaram valores suficientes para causar danos sociais e prejuízos econômicos. Durante o mês de maio as máximas mensais também foram elevadas nos três municípios, especialmente em Blumenau, o qual registrou 11,18 m. Ainda nota-se para Blumenau que as cotas médias mensais estiveram acima da normal em todos os meses, considerando que em quatro meses do ano a série estava com falhas. Em Rio do Sul as cotas mensais de maior volume acima da normal foram para maio e junho, e em Indaial em maio, junho, julho e agosto.

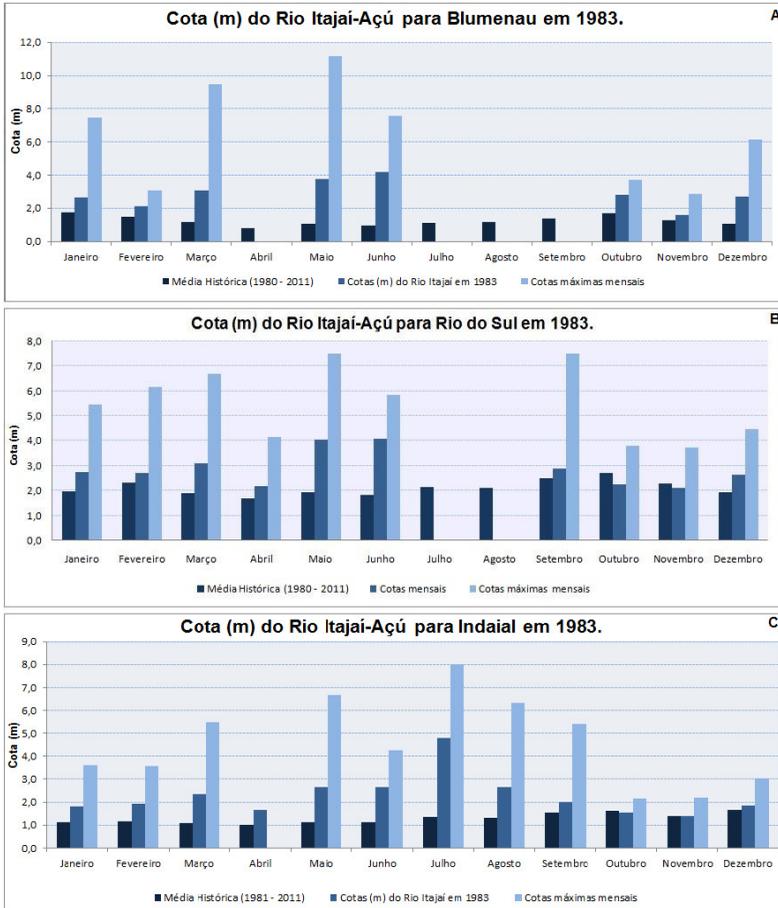


Figura 17: Cotas mensais médias registradas no Rio Itajaí-Açú em 1983 e suas respectivas médias históricas e cotas máximas mensais, para três localidades da Bacia, (A) para Blumenau, (B) para Rio do Sul e (C) para Indaial. Fonte dos dados: HIDROWEB/ANA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

Os índices de precipitação para a região de Copiapó foram inferiores se relacionados à Itajaí. Copiapó está enquadrada dentro da classificação climática para regiões desérticas, logo os volumes de chuvas são quase que escassos. A figura 18 aponta para totais mensais inferiores a 10 mm.

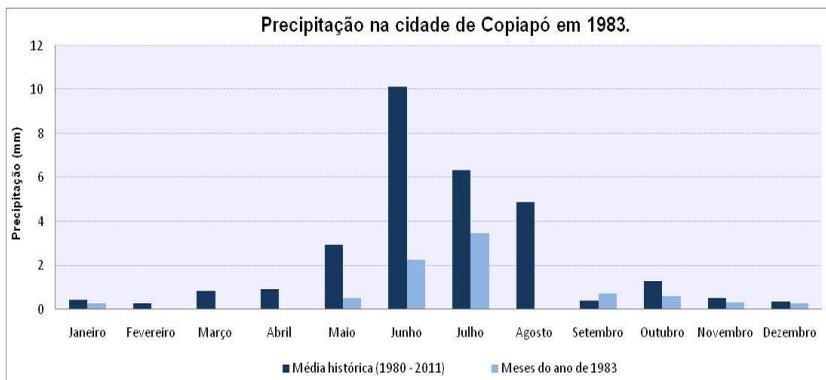


Figura 18: Precipitação mensal para a cidade Copiapó em 1983. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

Pela reanálise de precipitação, conforme a figura 19 observa-se que as precipitações foram baixas em direção ao norte do Chile, valores mais elevados no litoral são encontrados a partir da latitude de 30°S, com precipitação acima de 90 mm.

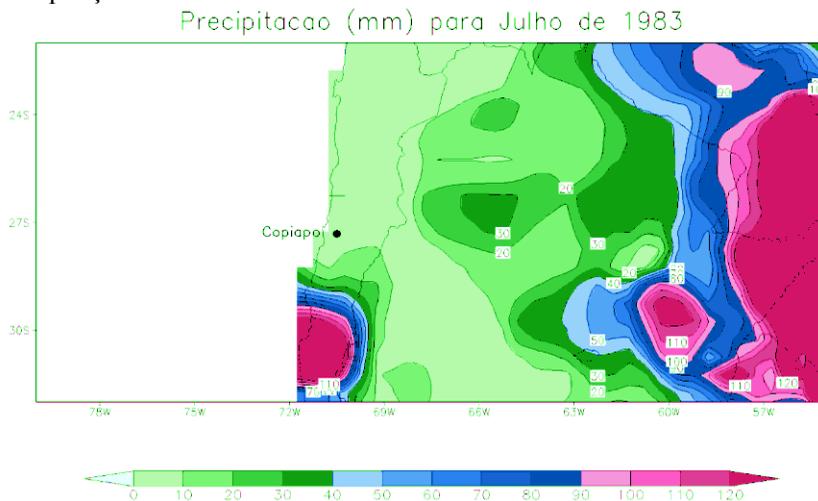


Figura 19: Reanálise de precipitação em julho de 1983 para Região do Atacama. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

## 6.2.2 Evento de 1984

Neste ano grande parte do Vale do Itajaí foi afetado novamente, especialmente durante o mês de agosto, através de alagamentos,

inundações, derivando na perda de bens materiais, pessoas desabrigadas e desalojadas. As inundações historiadas durante agosto resultaram dos totais concentrados entre os dias 05 e 08, e a precipitação registrada para esse mês foi em torno de 340 mm considerada acima da normal histórica, além dos meses de março, abril, junho e novembro (figura 20).

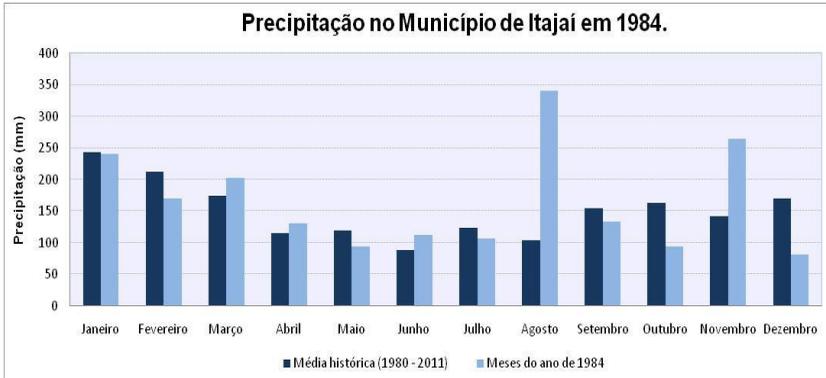


Figura 20: Precipitação mensal para o município de Itajaí em 1984. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

Conforme Severo (1994) a circulação atmosférica em altos níveis contou com a atuação da corrente de jato, gerando divergência, consequentemente, favorecendo os sistemas convectivos em baixos níveis. As chuvas intensas ocorrem a partir do transporte de umidade e calor pelos ventos de baixos níveis para as regiões ascendentes. Ainda segundo Silva *et al.* (1998) um centro de baixa pressão se deslocou até Santa Catarina e promoveu a base necessária para o incremento de um sistema frontal. Ao final do evento o sistema se deslocou até a região sudeste por uma massa de ar frio sobrevinda do sul do continente.

Chuvas intensas podem ocorrer independentemente da influência de eventos de grande escala - como o ENOS, exemplo disso, têm-se os casos de 1984 e 2008 (DIAS, 2009).

As chuvas observadas durante agosto tiveram maior atuação no estado de Santa Catarina (Vale, Meio-Oeste, Planalto e parte do Litoral), norte e noroeste do Rio Grande do Sul, e parte sul do Paraná com totais variando entre 260 e 380 mm (figura 21).

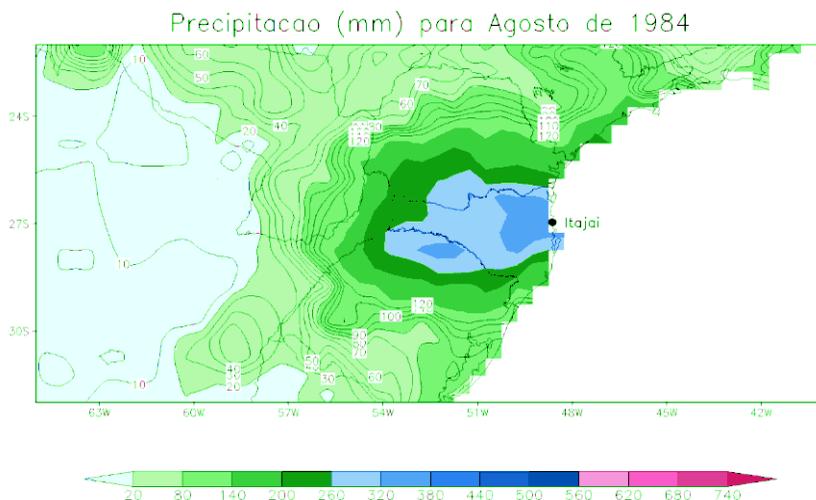


Figura 21: Reanálise de precipitação total em agosto de 1984 para o Sul do Brasil. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

De acordo com o relatório de avaliação de danos o governo do estado decretou calamidade pública para Itajaí e para outras cidades atingidas por esse evento (ANEXO E).

Durante esse ano as cotas mensais médias do Rio Itajaí-Açú atingiram elevados índices acima da média histórica nos três municípios especialmente para o mês de agosto, ainda nota-se que as cotas máximas mensais foram nos dias 07 e 08, em Blumenau o nível chegou a 14,85 m, em Indaial 8,9 m e em Rio do Sul de 12,4 m (figura 22). Em Rio do Sul e Indaial as cotas máximas ainda foram elevadas nos meses junho, setembro e outubro. Para o presente período não ocorreram falhas com relação aos dados.

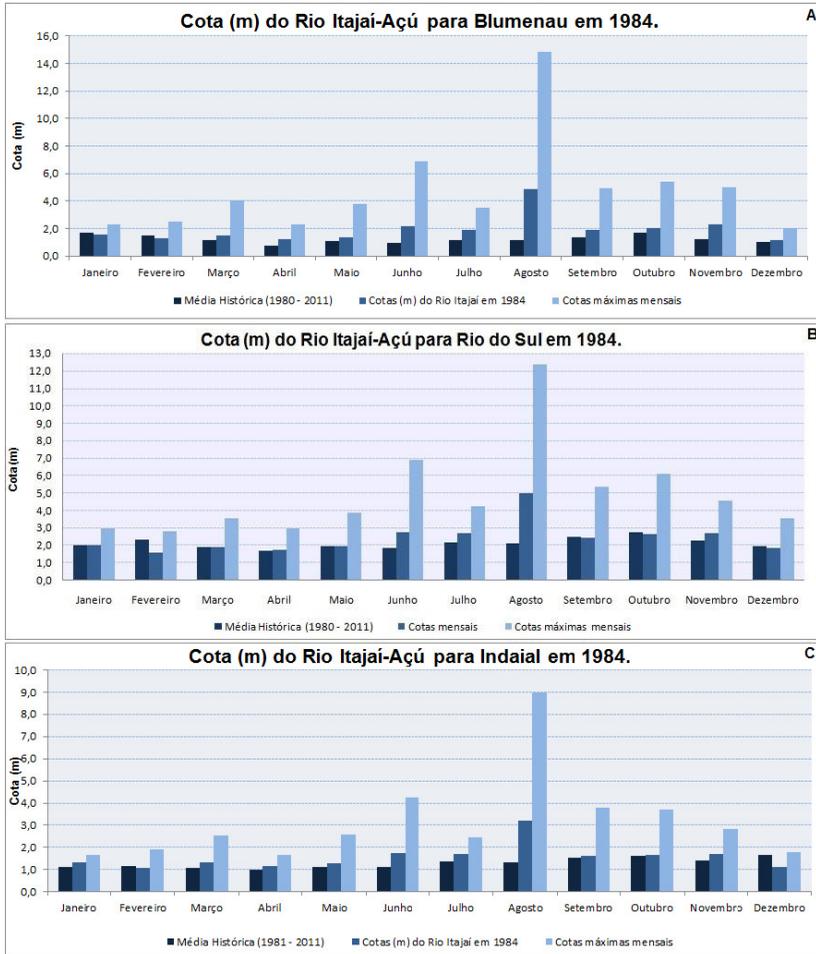


Figura 22: Cotas mensais médias registradas no Rio Itajaí-Açú em 1984 e suas respectivas médias históricas e cotas máximas mensais, para três localidades da Bacia, (A) para a cidade de Blumenau, (B) para Rio do Sul e (C) para Indaial. Fonte dos dados: HIDROWEB/ANA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

Na região do Atacama, como citado anteriormente, o volume de chuvas anual é baixo e os obtidos estão entre os meses de março e julho, com maior volume, registrando cerca de 20 mm (conforme figura 23 e 24). Os menores totais de precipitação na região do deserto são percebidos na figura 23, ainda apresentam aumento nos volumes

pluviométricos (superior a 90 mm) a partir da latitude aproximada de 29°S e na longitude de 60°W.

Precipitação (mm) para Julho de 1984

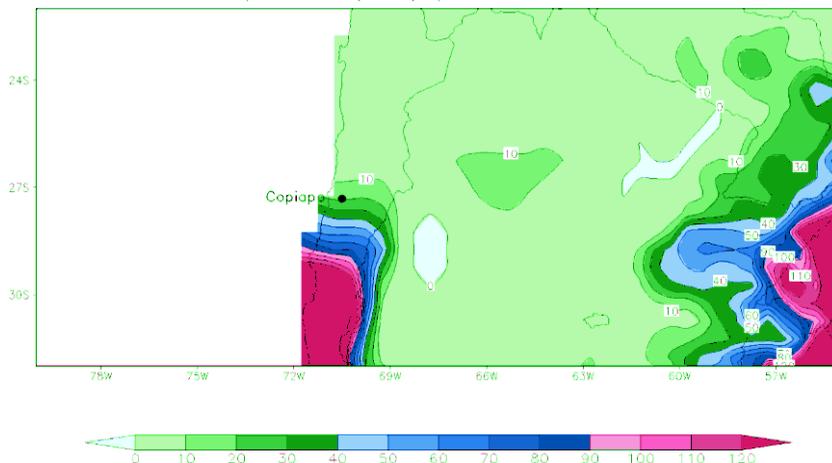


Figura 23: Reanálise de precipitação total para julho de 1984 para Região do Atacama. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

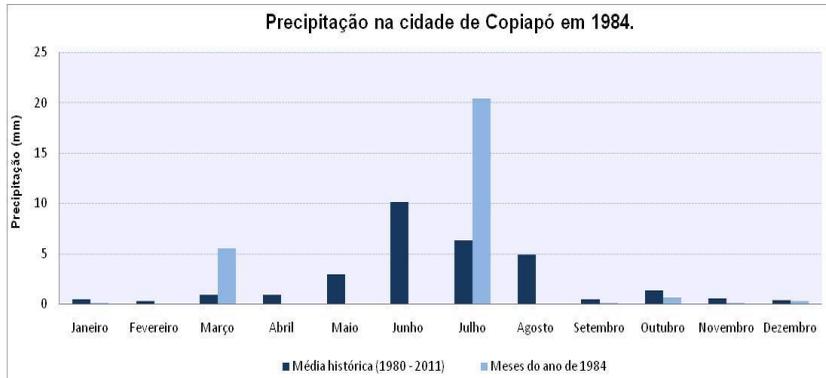


Figura 24: Precipitação mensal para a cidade de Copiapó em 1984. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

### 6.2.3 Evento de 1997

Segundo Herrmann (2014) esse ano foi marcado pela variedade de desastres naturais afetando Santa Catarina. As inundações graduais e bruscas ocorreram no verão, atingindo as mesorregiões Sul, Grande

Florianópolis e Vale do Itajaí. Na região Oeste, na estação de primavera, além das inundações se registrou a ocorrência de granizo e vendaval.

A precipitação na região sul em janeiro de 1997 apresentou distribuição irregular, com totais variando de 25 mm no extremo sul do Rio Grande do Sul até 600 mm no nordeste do Paraná. Os valores extremos das chuvas encontrados no dia 20 em Florianópolis resultaram de um evento de ZCAS (figura 25) (BOLETIM CLIMANÁLISE JANEIRO, 1997). Na capital de Santa Catarina a precipitação foi superior a 450 mm, comprometendo outros estados como Paraná, São Paulo e Rio de Janeiro, tanto nas áreas costeiras quanto no interior (figura 26).

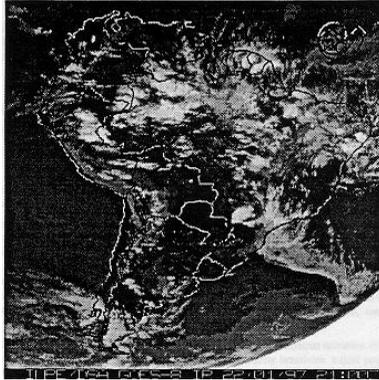


Figura 25: Imagem do satélite GOES-8 do dia 22 de janeiro de 1997. Fonte: Boletim Climanálise.

Precipitacao (mm) para Janeiro de 1997

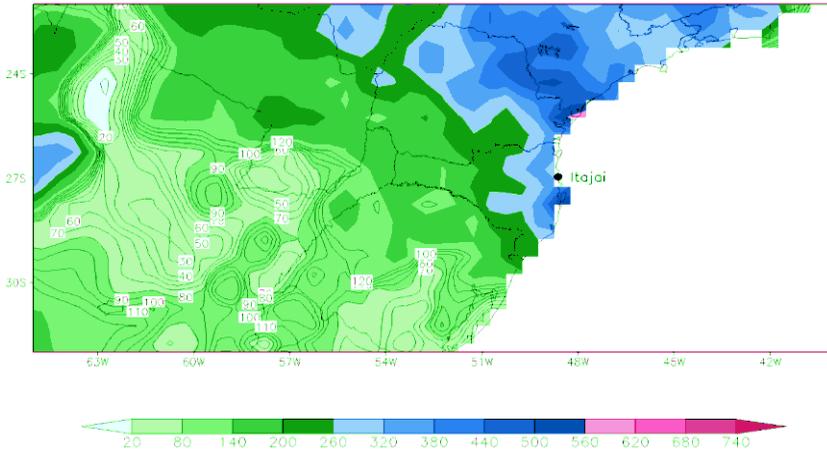


Figura 26: Reanálise de precipitação total em janeiro de 1997 para o Sul do Brasil Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

No município de Itajaí as maiores precipitações ocorreram nos meses de janeiro, outubro e novembro, e depara-se com total anual aproximado de 1.750 mm (figura 27). Os meses de janeiro e outubro foram marcados pelas inundações, 35 e 37 municípios atingidos respectivamente. Duas fortes pancadas de chuvas abrangeram o Vale do Itajaí no dia 15 de outubro provocando alagamentos nas áreas mais baixas na maioria das cidades da região. A Defesa Civil calculou em torno de 350 residências alcançadas pelo desastre (ANEXO F). Blumenau relacionou 74 mm em dois dias de chuvas e Rio do Sul cerca de 68 mm, resultando no aumento do nível do Rio Itajaí-Açú.

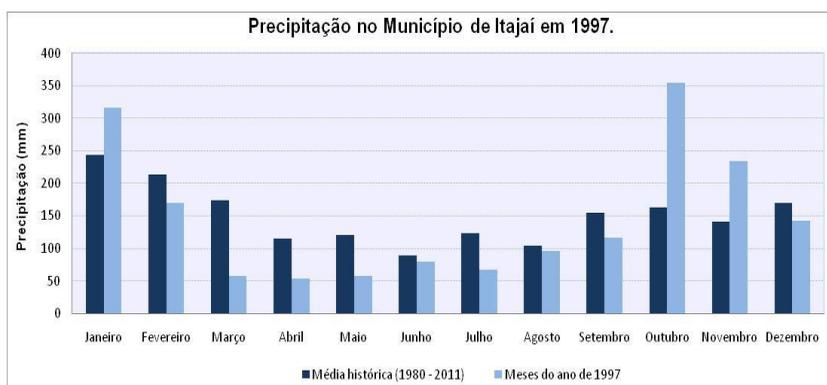


Figura 27: Precipitação mensal para o município de Itajaí em 1997. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

O nível do Rio Itajaí-Açú como aponta a figura 28 (A, B e C) apresentou cotas mensais superiores as normais nos meses de janeiro, fevereiro, outubro, novembro e dezembro em Blumenau, com a cota máxima de 9,16 m em fevereiro. Para o município de Rio do Sul, novamente, a máxima ocorreu em fevereiro com 8,51 m, seguido por outubro com 7,19 m permanecendo acima da cota de alerta, além de cotas mensais superiores as normais históricas nos meses de janeiro, fevereiro, março, agosto, outubro, novembro e dezembro. Ainda no período abordado, para a cidade de Indaial as cotas mensais de janeiro, agosto, outubro e novembro foram superiores as médias, e a cota máxima historiada de 4,5 m em outubro.

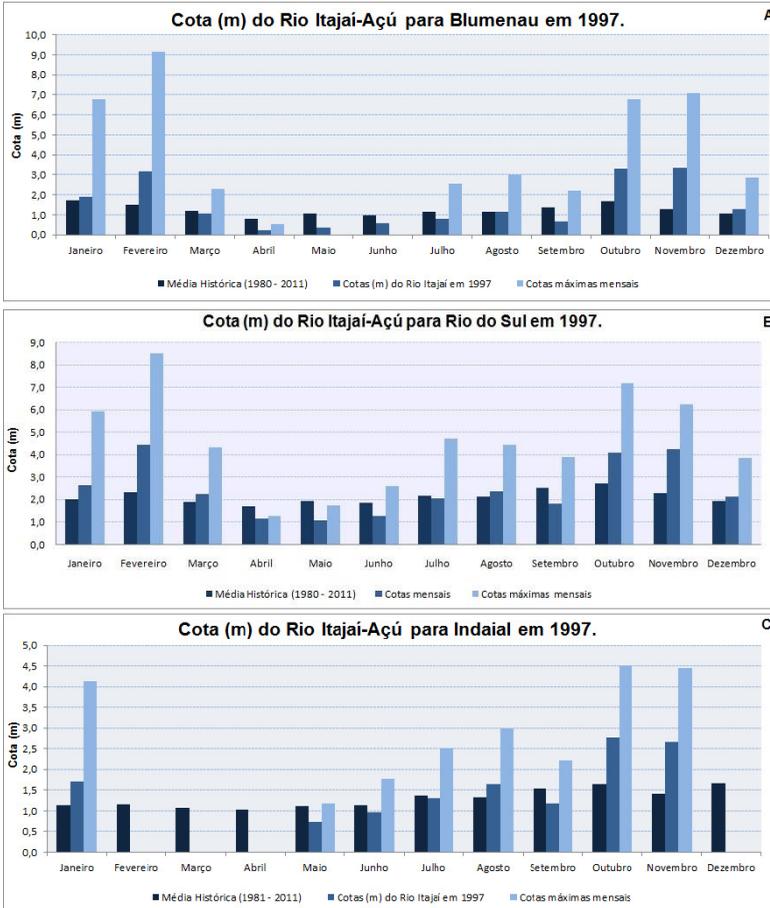


Figura 28: Cotas mensais médias registradas no Rio Itajaí-Açu em 1997 e suas respectivas médias históricas e cotas máximas mensais para as localidades de Blumenau (A), Rio do Sul (B) e Indaial (C). Fonte dos dados: HIDROWEB/ANA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

Em Copiapó os totais pluviométricos estiveram sobre o esperado sendo os mais altos da história para a região do Atacama (Figura 29). As chuvas esporádicas e concentradas durante o inverno resumiram o volume total, prejudicando a agricultura e a infraestrutura rural. Nessa região o solo desértico não tem capacidade para absorver as águas oriundas de intensa precipitação.

Devido ao forte evento ocorrido entre os dias 11, 15 e 19 de junho na região do Atacama, 2.208 pessoas foram afetadas e 4.789

permaneceram desalojadas. Os totais mensais acumulados mostraram 53 e 60 mm nos meses de junho e agosto, respectivamente.

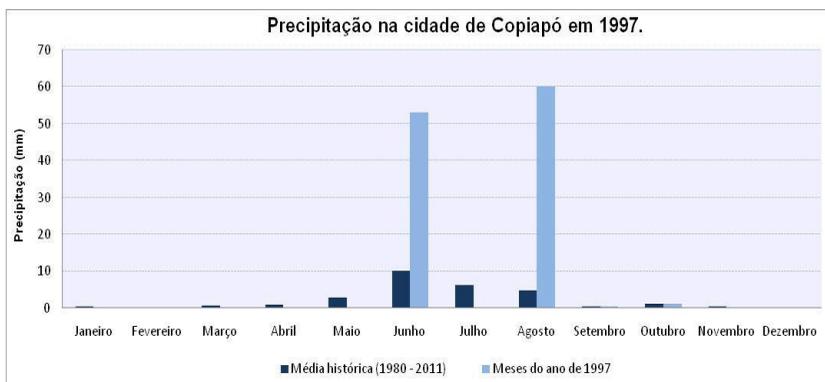


Figura 29: Precipitação mensal para a cidade de Copiapó em 1997. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por Bárbara Dutra, 2016.

Na figura 30 estão destacados os meses com os máximos volumes de chuvas para esse período. Percebe-se que ambas as imagens apresentam semelhanças na quantidade de precipitação em determinadas áreas, como aquelas a partir da longitude de  $69^{\circ}\text{W}$ , a região desértica de Copiapó com precipitação superior a 50 mm, diminuição de precipitação a medida que se direciona para o norte do país, chuvas inferiores a 20 mm em regiões da Argentina (San Miguel de Tucumán, Santiago del Estero, próximo a Córdoba, etc.).

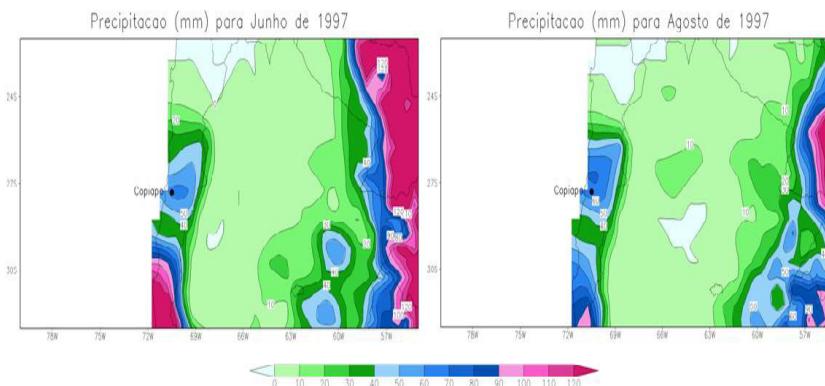


Figura 30: Reanálises de precipitação para junho e agosto de 1997 para Região do Atacama. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

Rivera (2007) descreve o evento de 1997 no Diário de Atacama:

El 12 de junio de 1997, se inscribió en los anales de nuestra historia como uno los días más tristes. Un gran temporal de viento y lluvia se desató en nuestra región, principalmente, en nuestra ciudad, sólo comparado con lo ocurrido en febrero de 1953, cuando - producto del invierno boliviano - se desatara un fuerte temporal de lluvia y viento, con transborde del río, que causó estragos en toda la comunidad (RIVERA, DIARIO ATACAMA, JUNHO, 1997).

O jornal Diário de Atacama aponta o dia 12 de junho de 1997 como uma das piores catástrofes da região. Nessa ocasião se deu início a um grande temporal de vento e chuva, semelhante ao episódio acontecido em fevereiro de 1953, quando incidiu um forte aguaceiro com ventos predominantes, levando ao transbordamento do rio, além de estragos e danos para a comunidade (ANEXO G).

Ao longo da costa do Equador, Peru e norte do Chile as anomalias positivas de TSM foram intensas, concomitantemente, a anomalia de temperatura do ar no setor costeiro norte e central do Chile foram anormalmente positivas (BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA JUNHO, 1997).

#### **6.2.4 Evento de 2008**

O ano de 2008 é considerado atípico para a climatologia em respeito às fortes chuvas ocorridas nesse período, em especial no mês de novembro, as quais resultaram em alagamentos e inundações abordando grande parte do Município de Itajaí, além dos deslizamentos e desbarrancamentos de terras próximas a regiões de morros.

O total anual registrou cerca de 2.300 mm, com destaque para os meses de janeiro e fevereiro (figura 31). Segundo a EPAGRI/CIRAM ainda salientou o mês de novembro com aproximadamente 725 mm, precipitação concentrada principalmente entre os dias 21 e 24. Ocorreu uma brusca diferença entre os dados recolhidos na NOAA e o apontado pela EPAGRI/CIRAM no AVADAN de desastre. A forte precipitação desse mês esteve relacionada a um bloqueio atmosférico estacionário no Oceano Atlântico acompanhado por um vórtice ciclônico, além da maré alta impedindo o escoamento normal do rio, trazendo as águas do oceano para dentro da baía, aumentando o seu nível.

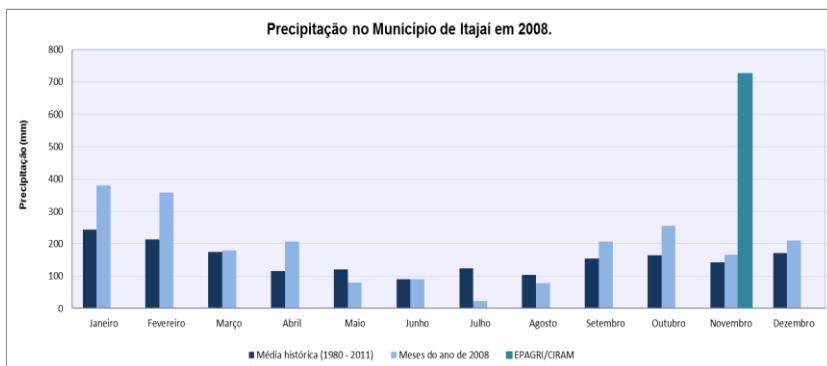


Figura 31: Precipitação mensal para o município de Itajaí em 2008. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por Bárbara Dutra, 2016.

De acordo com o relatório de avaliação de danos os eventos nesse ano podem ser separados em três casos principais, o primeiro em janeiro, denominado como enxurrada ou inundações bruscas. As áreas atingidas foram residenciais (urbana e rural), comercial e industrial. Este episódio impactou grande parte da área urbana, incluindo bairros como Cordeiros, Fazenda, Praia Brava, Imaruí, São Vicente, Itaipava, Espinheiros, Cidade Nova, e na área rural, as localidades de Rio do Meio, São Roque, Rio Novo e Canhanduba. As causas das enxurradas estão atribuídas às chuvas intensas e localizadas com início no dia 31 de janeiro e término dia 01 de fevereiro, cuja a precipitação pluviométrica atingiu 210 mm (ANEXO H). Durante esse evento de inundação brusca 4.800 pessoas permaneceram desalojadas, 218 desabrigadas e 8.300 afetadas. Além das perdas econômicas em plantações como aipim, arroz, milho, hortaliças e melancia. O desastre foi qualificado de intensidade II, em uma escala de I a IV, de porte médio, além de baixa erosão e pouco deslizamento de solo (AVADAN JANEIRO, 2008).

Em fevereiro conforme o relatório de avaliação de danos aconteceu outro evento de inundação brusca, cuja causa e a definição do mesmo estão relacionados a um fenômeno conhecido como lestada, de circulação marítima, com difícil monitoramento, e precipitação de 64 mm em um curto espaço de tempo alagando diversos pontos dos bairros (ANEXO I). Essa enxurrada afetou as áreas residenciais, comerciais e industriais, além de reserva florestal ou APA (área de preservação ambiental). Entre os principais bairros prejudicados estiveram Cabeçudas, Centro, Cordeiros, Praia Brava, Espinheiros, em um total de

800 ruas inundadas, 89.890 pessoas desalojadas e 16 desabrigadas (AVADAN FEVEREIRO, 2008).

Após a ocorrência desses episódios nos primeiros meses do ano, a precipitação retornou em grande quantidade em novembro, e entrou para a história do Vale do Itajaí como uma das piores tragédias se comparada a de 1983. As cidades de Blumenau e Itajaí foram algumas das mais atingidas pelas chuvas e inundações. A média histórica para novembro é de aproximadamente 145 mm, e apenas no dia 23 o total de chuva atingiu 190 mm (ANEXO J). As inundações alcançaram uma magnitude elevada, ocupando as áreas urbanas e rurais, além de rodovias, morros, e outras recorrências como os deslizamentos e desbarrancamento de encostas. Considerou-se um desastre de porte grande (na escala de pequeno a muito grande), com nível de intensidade III.

Segundo Herrmann (2014) o ano de 2008 foi considerado como aquele em que ocorreram os maiores desastres naturais no estado, excepcionalmente em novembro, cujo volume de chuva esteve acima de 350 a 400% da média. Tais totais pluviométricos nunca foram anteriormente registrados, e se destacam os municípios de Blumenau, Joinville e Itajaí. As chuvas afetaram 25% do território catarinense, com cerca de 1,5 milhões de pessoas. A causa do desastre atribuiu-se a alta precipitação pluviométrica incidida no médio e baixo vale, resultando no aumento dos níveis dos dois principais rios.

Em novembro 1.929 pessoas ficaram desalojadas, 18.208 desabrigadas, 100.344 deslocadas, 05 pessoas vieram a óbito, e 163.219 foram afetadas. Dentre as residências danificadas e destruídas contabilizaram-se cerca de 30 mil, além de danos em estradas e vias, comércios, indústrias, estabelecimentos rurais, prejuízos na agricultura, pecuária, na extração mineral, na rede de distribuição de água e energia (AVADAN NOVEMBRO, 2008).

O destaque para as vazões ficou para a Bacia do Atlântico Sudeste, e a maiorias das bacias brasileiras aumentaram consideravelmente. Na Bacia do Atlântico Sudeste a ocorrência de precipitação contínua e persistente caracterizou uma vazão média que excedeu mais de 300% na estação de Blumenau (BOLETIM CLIMANÁLISE NOVEMBRO, 2008).

Na cidade de Blumenau as cotas mensais do Rio Itajaí-Açú estiveram sobre o normal nos meses de abril, outubro, novembro e dezembro. As cotas máximas mensais destacam-se para os meses de novembro (10,5 m) e outubro (7 m). No município de Rio do Sul a cota máxima de maior valor esteve relacionada ao mês de outubro com 6,5 m, permanecendo dentro do limite para cota de alerta, ainda se observa que

as cotas mensais foram superiores as médias em sete meses do ano, com destaque para os meses de outubro (4,7 m) e novembro (4,4 m). Em Indaial a cota máxima mensal esteve em torno de 4,1 m em outubro, além disso, é possível notar índices mensais superiores às médias em março, outubro e novembro (figura 32). Em Itajaí o rio subiu 11 m entre os dias 23 e 24 de novembro transbordando as barragens de contenção, e em poucas horas elevou-se a 12 m acima de seu nível normal.

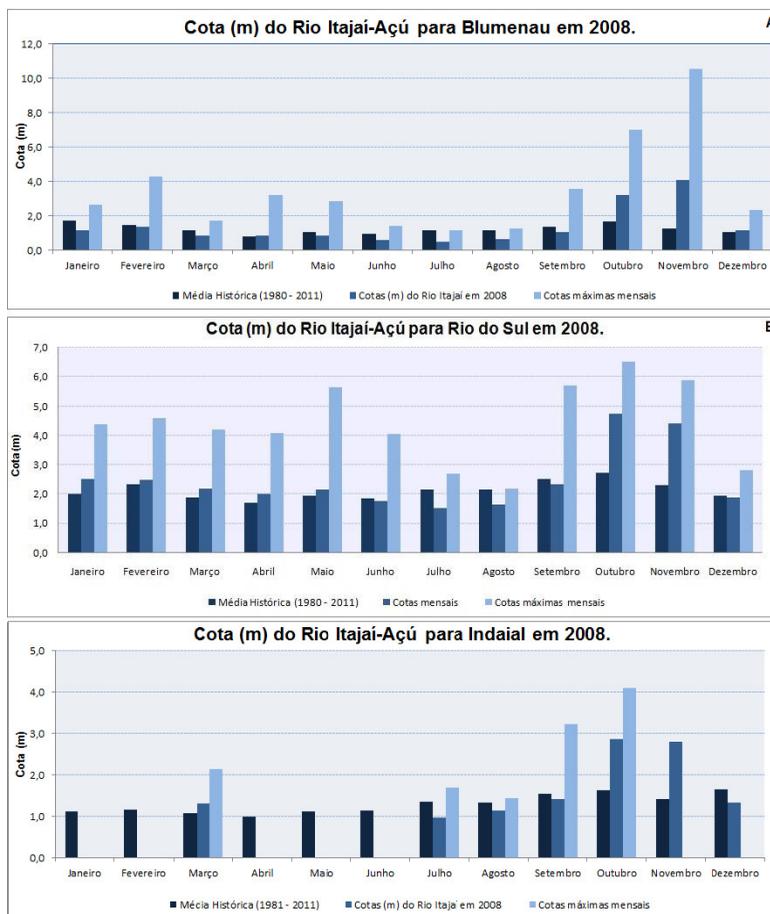


Figura 32: Cotas mensais médias registradas no Rio Itajaí-Açú em 2008 e suas respectivas médias históricas e cotas máximas mensais, para as localidades de Blumenau (A), Rio do Sul (B) e Indaial (C). Fonte dos dados: HIDROWEB/ANA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

A formação de um centro de baixa pressão no oeste da região catarinense, no dia 01 de novembro, resultou em elevados totais diários de precipitação. Entre os dias 11 e 12 o desenvolvimento de um vórtice ciclônico proporcionou chuvas significativas, especialmente no nordeste de Santa Catarina. O sistema de alta pressão manteve-se estacionário a partir do dia 19 até o final do mês, sendo que entre os dias 21 e 23 uma nova ocorrência de vórtice ciclônico contribuiu para o aumento de umidade na faixa litorânea (BOLETIM CLIMANÁLISE NOVEMBRO, 2008).

O jato subtropical sobre a AS atuou com maior frequência na região norte da Argentina, sul do Paraguai, e centro-norte do sul do Brasil. O desempenho do jato se destacou no dia 01 de novembro, quando a magnitude sobre o Rio Grande do Sul e sul de Santa Catarina variou entre 50m/s e 60m/s, intensificando um sistema de baixa pressão que se configurou no oeste da região Sul. A partir do dia 17 o jato subtropical fortaleceu sobre o centro-sul do Brasil, bifurcando sobre o Oceano Atlântico e amplificando um cavado, mantendo-se estacionário até o fim do presente mês (BOLETIM CLIMANÁLISE NOVEMBRO, 2008).

No dia 21 de novembro o cavado em altos níveis e a atividade anticiclônica à superfície contribuiu para chuvas intensas no leste de Santa Catarina (figura 33). O episódio de novembro teve início com o posicionamento e forte intensidade do sistema de alta pressão semiestacionário do Atlântico Sul. Ainda pode ser acrescentado uma série de combinações como a ocorrência de um bloqueio e perturbações atmosféricas em altitude, a convergência de umidade que se intensificou na zona litorânea elevando os totais pluviométricos (BOLETIM CLIMANÁLISE NOVEMBRO, 2008).

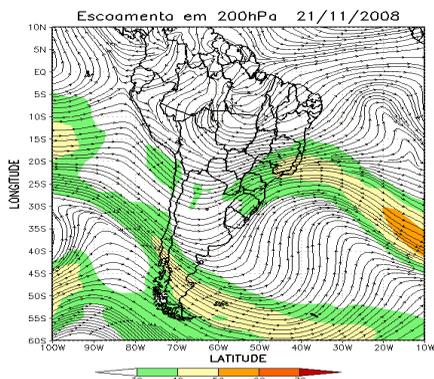


Figura 33: Escoamento em altos níveis (200 hPa) em 21 de novembro de 2008, indicando a posição e magnitude média do jato subtropical (em m/s). Fonte: Boletim Climanalise de novembro, 2008.

Em Copiapó as chuvas durante junho permaneceram dentro dos padrões normais para a época, cerca de 10 mm, no mês de agosto as precipitações foram concentradas e elevadas acima de 35 mm. (figuras 34 e 35). Nesse mesmo ano registrou-se forte chuva e dois eventos de queda de neve para a região do Atacama, além de inundações na região metropolitana. Ainda na figura 36 percebe-se baixo registro de precipitação em parte da Argentina, aumentando à medida que se desloca para leste.

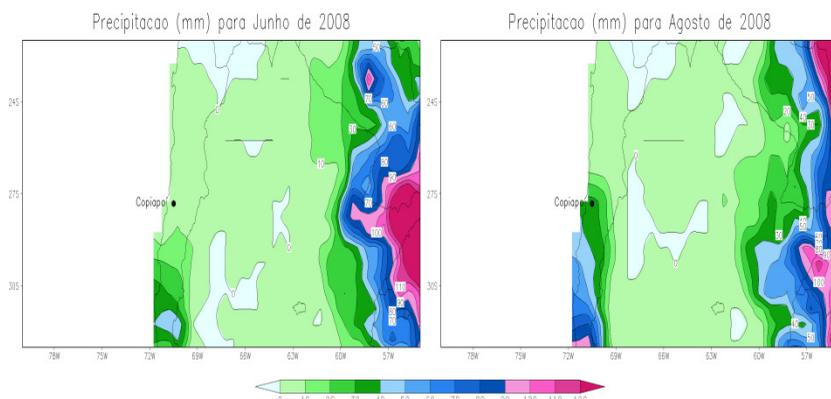


Figura 34: Reanálise de precipitação para julho de 2008 para Região do Atacama. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.



Figura 35: Precipitação mensal para a cidade de Copiapó em 2008. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

No Chile o regime pluviométrico de chuvas foi caracterizado por uma condição deficitária na região compreendida entre La Serena e Chillían, assim como no extremo austral do país, e precipitações acima da média entre Concepción e Puerto Montt. Nesse ano descreve-se a evolução de diversas variáveis atmosféricas e oceânicas do sistema oceano-atmosfera no Pacífico equatorial até o início de agosto de 2008. A circulação atmosférica regional estava caracterizada por uma atividade frontal entre as regiões de Concepción e Puerto Montt (BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA DO CHILE JULHO, 2008).

O padrão médio de circulação hemisférica em nível de 500 hPa se caracterizou por uma calha sobre o Oceano Pacífico, favorecendo o transporte de perturbações ciclônicas para a região centro-sul chilena. Esta mesma condição revelou a ocorrência de anomalias negativas de pressão atmosférica no nível do mar em estações de domínio do Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul Oriental (BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA DO CHILE JULHO, 2008).

O meteorologista Augusto Llano Eck descreve para o Diarrio Atacama (2008) a seguinte informação:

De acuerdo con el especialista, el fin del fenómeno de la La Niña (enfriamiento de las aguas del Pacífico, a la altura del Ecuador) devino en una situación neutra que augura un alza en las temperaturas oceánicas, generando una mayor cantidad de sistemas frontales y eventos de núcleos fríos. Llano vislumbra la ocurrencia de alrededor

de cuatro de estos últimos cuadros, los que generarían lluvias de alrededor de 15 a 20 milímetros, afectando tanto a la zona cordillerana, con a la medianía de los valles, alcanzando la ciudad de Copiapó (ECK, DIARIO ATACAMA, COPIAPÓ, JUNHO, 2008).

De acordo com o meteorologista o fim do fenômeno LÑ configurou uma situação neutra, resultando no aumento da temperatura dos oceanos e uma maior quantidade de sistemas frontais e núcleos frios. O especialista afirma ainda a ocorrência de quatro eventos de precipitação entre 15 a 20 mm, afetando tanto a zona de cordilheira como a mediana dos vales, atingindo a cidade de Copiapó.

O meteorologista ressalta que:

En cuanto a los núcleos fríos, el meteorólogo dijo que son eventos con mucha nubosidad, viento fuerte en altura y precipitaciones. En resumidas cuentas, Llano anticipó que, sin ser alarmistas, va a haber un poco más de precipitación que las esperadas por la situación de la temperatura del agua del Pacífico, que está siendo más caliente de lo normal (ECK, DIARIO ATACAMA, COPIAPÓ, JUNHO, 2008).

Os núcleos frios citados pelo meteorologista são eventos considerados de alta nebulosidade, vento forte e acentuado volume de chuva. O mesmo afirma nessa notícia que ocorrerá precipitação acima da média, como resposta da temperatura da água do Pacífico que se encontra mais quente que o normal.

De acordo com o Major da região do Atacama Armando Flores em reportagem para Diario Chañarcillo (2008):

Que estuvo desde temprano recorriendo la Región, señaló que las precipitaciones registradas se originaron gracias al ingreso de un sistema frontal desde el sur de país y la cantidad de agua caída alcanzó los 22 mm en Alto del Carmen y Freirina, 15,5 mm en Vallenar, 7,3 mm. en Copiapó y 7mm en Caldera. Cuatro personas damnificadas en Caldera y dos albergados en la misma comuna (FLORES, DIARIO CHAÑARCILLO, COPIAPO, JULHO, 2008).

As precipitações originaram-se a partir de um sistema frontal desde o sul do país e a quantidade de chuva observada fora de 22 mm em Alto de Carmen e Freirina, 15,5 mm em Vallenar, 7,3 mm em Copiapó e 7,0

em Caldera. Quatro pessoas ficaram feridos e duas desabrigadas na mesma cidade (ANEXO K).

### 6.2.5 Evento de 2011

A população do Vale novamente foi afetada, o evento ocorrido se deu em menor proporção e volume comparado a 2008. Os maiores totais de chuvas se distribuíram nos meses de janeiro, fevereiro, março e agosto, esse último com precipitação elevada - aproximadamente 340 mm (figura 36). As áreas inundadas no município apresentaram menores abrangências comparadas a 2008, ocorrendo em bairros como São Judas, Dom Bosco, São Vicente, Vila Operária, Cidade Nova, além dos desmoraamentos em bairros como Ressacada, Nossa Senhora das Graças, no Saco da Fazenda/Cabeçudas. Em Santa Catarina as precipitações se alastraram nas regiões da Grande Florianópolis, Meio Oeste e Planalto, diminuindo nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul (figura 37).



Figura 36: Precipitação mensal para o município de Itajaí em 2011. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

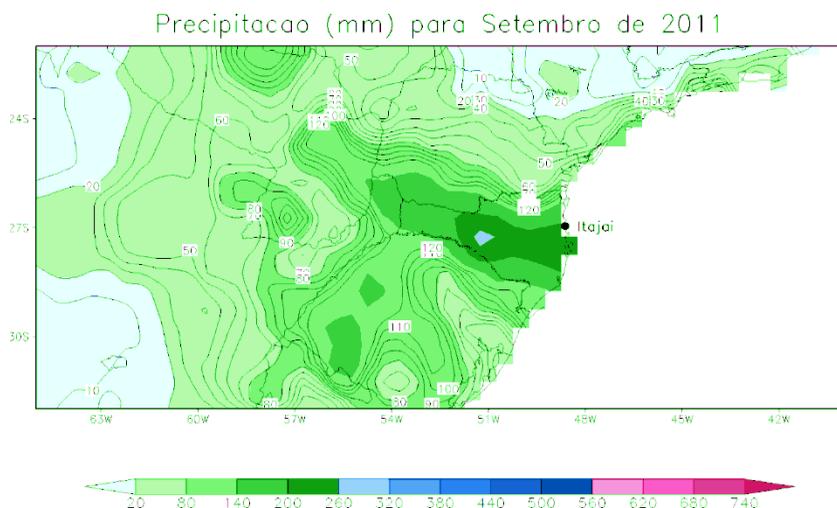


Figura 37: Reanálise de precipitação total em setembro de 2011 para o Sul do Brasil. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

O Porto em 2011 não sofreu danos físicos e o prejuízo observado se deu pelo fechamento das atividades portuárias no dia 08 de setembro em virtude da forte correnteza do rio.

No dia 08 de setembro o nível do Rio Itajaí-Açu obrigou 15 mil moradores a se deslocarem de suas residências. No dia 09 do mesmo mês o rio alcançou o seu maior pico em cidades como Blumenau, Rio do Sul e Brusque. Em Rio do Sul a cota marcada no dia 09 de setembro foi de 12,9 m, em Blumenau no mesmo dia em torno de 12,8 m e em Indaial 7,6 m (CEOPS/FURB). Nos dados utilizados para compor os encontram-se falhas nos períodos escolhidos, então trabalhou-se apenas com aqueles disponíveis, assim é possível notar que em Rio do Sul e Indaial as cotas mensais foram superiores especialmente em fevereiro, agosto e setembro (figura 38).

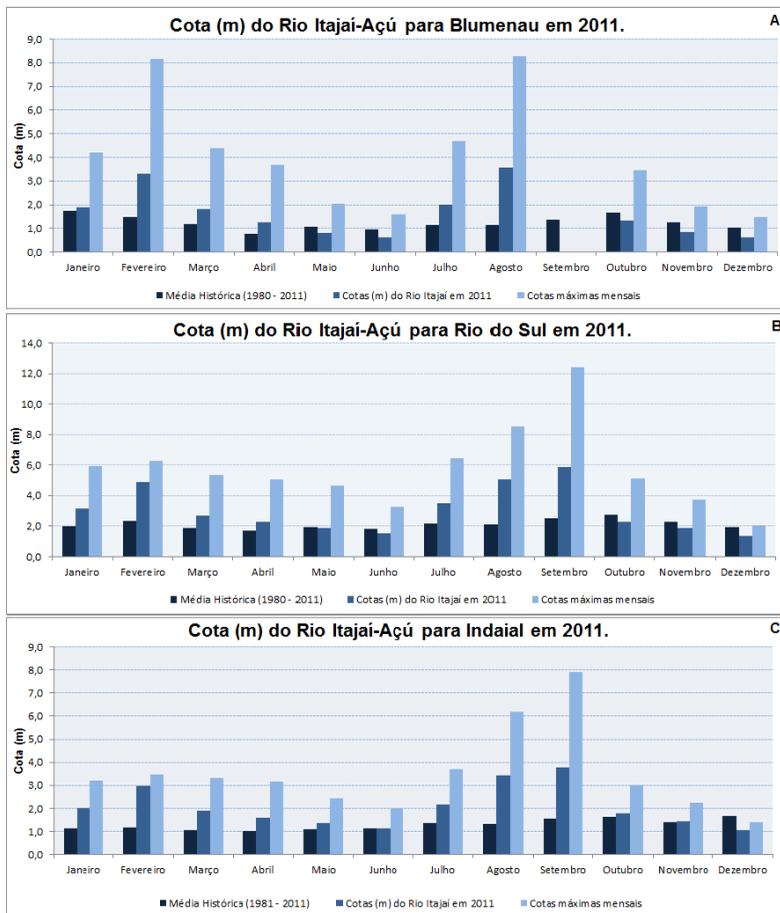


Figura 38: Cotas mensais médias registradas no Rio Itajaí-Açu em 2011 e suas respectivas médias históricas e cotas máximas mensais, para localidades de Blumenau (A), Rio do Sul (B) e Indaial (C). Fonte dos dados: HIDROWEB/ANA Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

Segundo a Secretaria Nacional de Defesa Civil em 12 de setembro foi decretado situação de emergência em diversos municípios de Santa Catarina (ANEXO L). Os mesmos foram afetados por enchentes ou inundações graduais, abrangendo 91 cidades, 929.927 pessoas atingidas direta ou indiretamente, dessas, cerca de 160 desalojadas, 14.825 desabrigadas, e duas pessoas vieram a óbito. Quanto aos danos aproximadamente 30.000 residências comprometidas, 367 vias públicas,

132 organizações comunitárias e 5.156 negócios particulares (AVADAN SETEMBRO, 2011).

Setembro é considerado um mês quente na maior parte do Brasil, assim, destacou-se a ocorrência de chuvas acima da média no setor central da região Sul. A atuação da corrente de jatos de altos níveis foi mais intensa favorecendo episódios de precipitação. No dia 03 de setembro, o jato atingiu magnitude sobre o sul da AS, nos dias 07 e 08 voltou a alcançar os 70 m/s de magnitude sobre o norte da Argentina e o sul do Brasil (figura 39) (BOLETIM CLIMANÁLISE SETEMBRO, 2011).

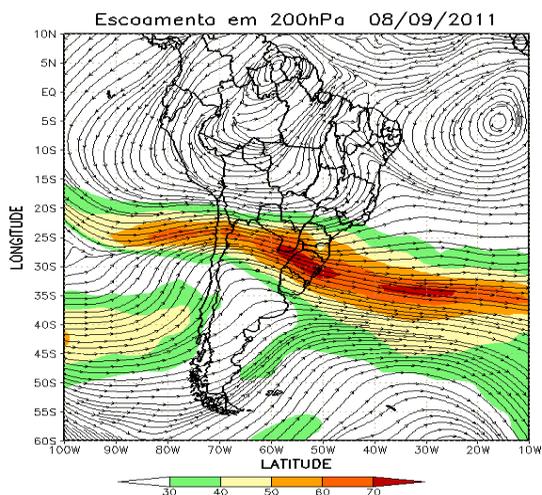


Figura 39: Jato subtropical no dia 08 de setembro de 2011 e sua magnitude de 70 m/s. Fonte: Boletim Climanálise, 2011.

A imagem do satélite GOES-12 ilustrou a banda de nebulosidade associada ao escoamento mais intenso do jato subtropical no dia 08 de setembro (Figura 40). Nos dias 07 e 08 registraram-se elevados totais de precipitação em Santa Catarina (BOLETIM CLIMANÁLISE SETEMBRO, 2011).

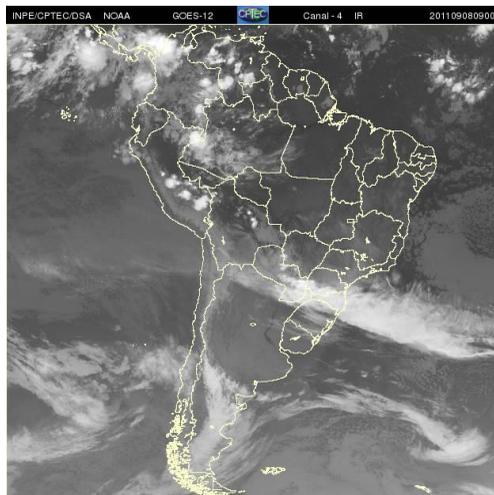


Figura 40: Atuação do jato subtropical no dia 08 de setembro de 2011. Fonte: Boletim Climanálise, 2011.

As chuvas esperadas para a região do Atacama no mês de junho, segundo os boletins informativos estabeleceram um alerta preventivo de fortes precipitações em Copiapó. As que ocorreram no período de inverno foram mais altas do que o esperado, e a precipitação total do período se destacou no mês de julho (figuras 41 e 42).

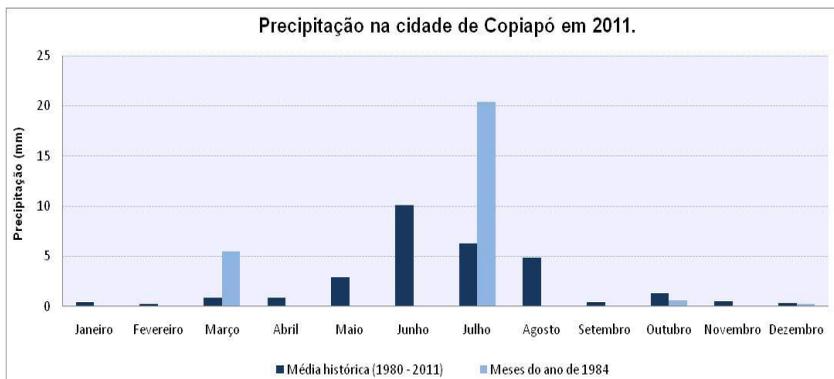


Figura 41: Precipitação total para a cidade de Copiapó em 2011. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

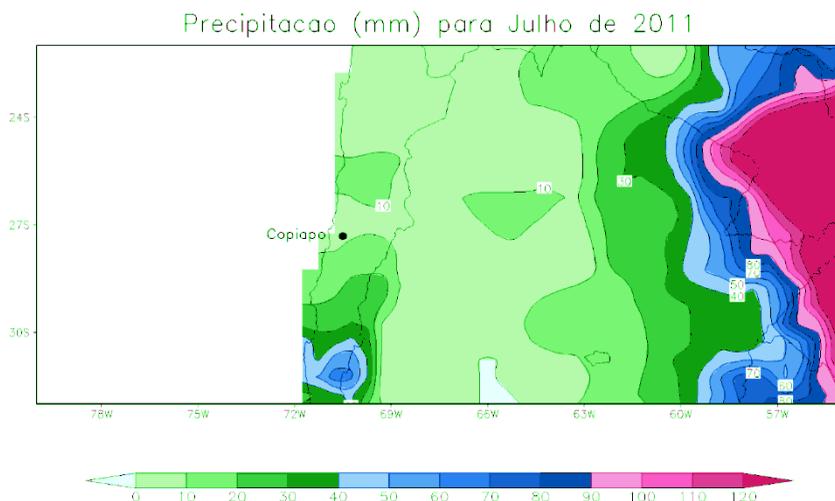


Figura 42: Reanálise de precipitação total em julho de 2011 para Região do Atacama. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

A precipitação durante julho de 2011 foi escassa na região central do país entre Santiago e Valdivia. Esta situação contrasta com o observado no extremo austral (desde Puerto Montt, ao sul) assim como também nas regiões de Norte Grande e Chico onde a precipitação esteve elevada. Na porção norte do país as chuvas foram associadas à ocorrência de dois episódios de baixas segregadas. Ao longo de ambos os episódios ocorreram nevasdas intensas nos setores pré-cordilheira. Os eventos de chuva e neve estiveram acompanhados por ventos intensos e a proporção que esses episódios assumiram trouxe impactos significativos na região andina (BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA DO CHILE JULHO, 2011).

Carlos Garcia, diretor da Onemi (Ministerio del Interior y Seguridad Pública) da Região do Atacama informou ao Diarrio La Tercera (2011) que:

En total, 1.821 personas resultaron afectadas producto del núcleo frío en altura, mientras que una vivienda resultó destruida y otras 455 registraron daños menores (CARRERA *et al.*, 2011, DIARIO LA TERCERA, SANTIAGO, AGOSTO, 2011).

O diretor afirma que no total 1.821 pessoas foram afetadas por influência do núcleo frio em altura, além do que uma residência foi destruída e outras 455 danificadas. Na região do Atacama aproximadamente 10.600 pessoas foram afetadas, dentre essas, 9.155 na

provincia de Copiapó; 1.360 na provincia de Chañaral e 156 na provincia de Huasco. Os danos nas residências em Copiapó contabilizaram 2.128 parcialmente afetadas, 19 destruídas, ainda se calcularam 83 pessoas feridas e 25 desalojadas (ANEXO M) (DIARIO CHAÑARCILLO, 2011).

O Rio Copiapó, desde a sua Bacia até a metade ao norte do Rio Choapa, teve um excedente significativo explicado pelos eventos ocorridos principalmente em junho e julho do presente ano, em alguns momentos extrapolando o valor habitual (DIRECCIÓN GENERAL DE AGUAS, 2011).

### 6.3 RELAÇÃO DA PRECIPITAÇÃO NOS PRINCIPAIS CASOS DE INUNDAÇÕES COM OS ÍNDICES DE VARIABILIDADE DE BAIXA FREQUÊNCIA

Neste tópico são tratadas as relações das precipitações nos principais episódios de inundações analisados com os índices de variabilidade de baixa frequência (VBF), de escala interanual (ENOS), decadal (ODP) e mensal (OAA).

#### 6.3.1 Ano de 1983

Em Santa Catarina durante o período de EÑ as precipitações ficam acima da média e assim prevalecem as ocorrências de inundações, embora este fenômeno não possa ser considerado o principal fator causador das enchentes (MONTEIRO, 2007).

As condições oceânicas e atmosféricas sobre o Pacífico Equatorial nos meses anteriores ao evento, iniciando no fim de 1982, se mantiveram num estado característico de EÑ, considerado muito forte, com anomalias de +2,1°C no trimestre de DJF (dezembro/janeiro/fevereiro), e tendência à diminuição dessas anomalias para possível resfriamento no fim do ano.

Esse ano foi marcado pela configuração do fenômeno EÑ, o mesmo caracteriza-se pelas alterações na TSM do Oceano Pacífico Equatorial que desencadeia mudanças na circulação atmosférica em escala global. Essas alterações ativam os jatos subtropicais localizados em médias latitudes.

O índice de ODP se correlaciona com o ENOS criando um efeito construtivo quando estão na mesma fase (ENOS e ODP) e efeito destrutivo em fases opostas (KAYANO; ANDREOLI, 2006). Na tabela 02 - a qual se encontram os índices mensais de ODP entre 1980 a 2011 - é possível notar que durante o ano de 1983 todos os meses apresentaram

sinais positivos, e o sinal da ODP encontrava-se mais forte nos meses de junho (2,36) e julho (3,51).

Na tabela 03, na qual se apresentam os índices de OAA para o período de 1980 a 2011, é perceptível que em 1983 encontram-se meses em ambas as fases (quente e fria), e no período em que ocorreu o evento em Itajaí, no mês de julho, o sinal da OAA estava mais forte (1,114). Carvalho et al. (2005) apontaram que as diferentes fases da OAA modulam a latitude de formação dos ciclones e seu deslocamento em direção ao Equador. O movimento do jato subtropical para o equador na fase negativa favorece o deslocamento da localização de formação e dissipação de ciclones para baixas latitudes.

Oliva (2011) analisou a influência da OAA sobre as chuvas e a vazão na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai a partir de dados de reanálises de precipitação do NCEP, obtidos em mm/dia com resolução de 2,5° x 2,5 (latitude x longitude), utilizando o software GrADS no período de 30 anos. Ainda foram gerados campos médios de precipitação em duas situações, primeiro quando a OAA for maior que 1,0 e quando for menor que 1,0. Os mapas expõem diferenças dos campos médios de precipitação nas fases opostas da oscilação. Em relação aos regimes de chuvas analisados durante as fases da OAA, percebeu-se que as maiores taxas diárias ocorreram durante a fase negativa da variabilidade, e que na área de estudo, para a fase positiva, os valores das taxas de precipitação foram menores, ainda em alguns pontos apresentaram-se mais reduzidos. Considerando os resultados e apontamentos anteriormente assinalados e aplicando para a figura 43 (B), em Itajaí ocorreram volumes elevados de chuvas na fase negativa, por exemplo, em janeiro, fevereiro e maio, ultrapassando o registro de 200 mm, no mês de julho a situação é diferente, o índice excede 1,0 e a precipitação foi a maior para esse ano. Nos meses de agosto e outubro os índices estiveram próximos ou maiores que 1,0 e as chuvas foram as menores registradas. Na cidade de Copiapó em boa parte dos registros as precipitações foram nulas ou próximas a 0,0 mm, aquelas registradas oscilaram entre as fases positivas e negativas da OAA, com destaque também para julho onde a variabilidade foi superior a 1,0 e a precipitação a maior registrada, apesar de não aparecer no gráfico.

Para a ODP (figura 43 (A)) nota-se que no mês de julho as chuvas na cidade de Itajaí acompanham a curva de variabilidade, ambas as variáveis (precipitação e índice de ODP) foram os mais elevados, com 550 mm e 3,51. Nos meses de abril e agosto as precipitações diminuem, assim com a curva da ODP. Em novembro e dezembro há o crescimento da variabilidade, além de chuvas mais intensas. Sobre Copiapó apesar de

não ser perceptível na figura as maiores precipitações estão compartilhadas nos meses de junho com aumento em julho, ademais chuvas abaixo de 1 mm para os outros meses do ano.

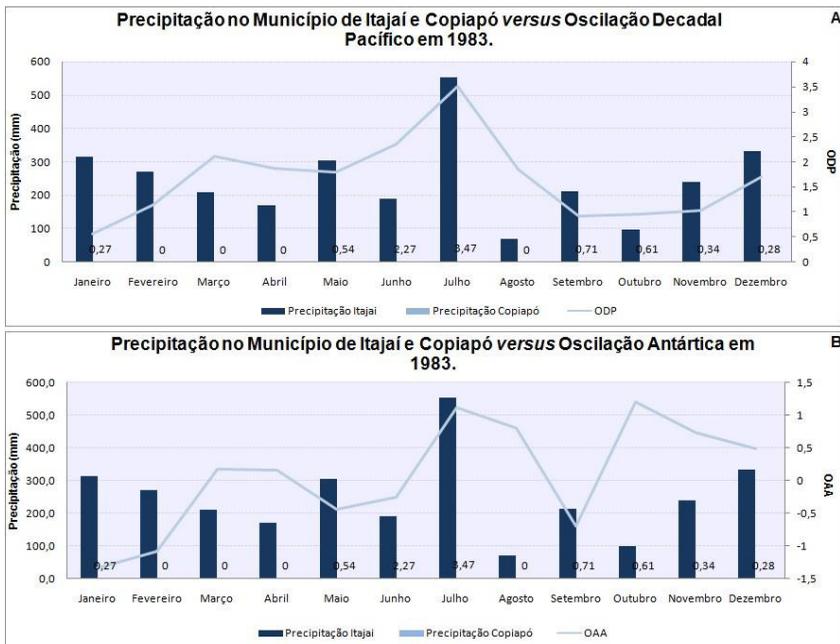


Figura 43: Precipitação em Itajaí e Copiapó relacionado às variabilidades Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e Oscilação Antártica (OAA) em 1983. Fonte dos dados: NOAA, JISAO, NCEP/ NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

Reboita *et al.* (2009) analisaram a relação entre a OAA e a distribuição espacial dos ciclones, dos padrões de frontogêneses e da precipitação durante o período de 1980 a 1999. Os autores notaram que durante a fase negativa da OAA a trajetória de ciclones em todo o HS se desloca para norte, quando comparada à fase positiva, e que ainda na AS e Atlântico Sul ocorre intensa atividade frontogenética e anomalias positivas de precipitação na área costeira.

### 6.3.2 Ano de 1984

Ao contrário do ano anterior, o ano de 1984 não teve associação com o fenômeno EÑ. As condições oceânicas e atmosféricas sobre o Pacífico Equatorial nos meses anteriores a inundação de agosto se encontravam em característica de neutralidade, com tendência a resfriamento. Conforme a tabela 01 essa característica iniciou-se no fim de 1983. A partir de outubro de 1984 as condições eram de um crescente resfriamento, com tendência ao início da fase negativa do ENOS, de fraca intensidade, a qual teve continuidade até julho/agosto de 1985.

A forte chuva no período de agosto em Itajaí foi resultado da rápida passagem de um sistema frontal. Durante o mês as anomalias de temperatura tanto para o Oceano Atlântico quanto para o Pacífico encontraram-se entre  $-1,0^{\circ}\text{C}$  a  $-0,5^{\circ}\text{C}$  (figura 44).

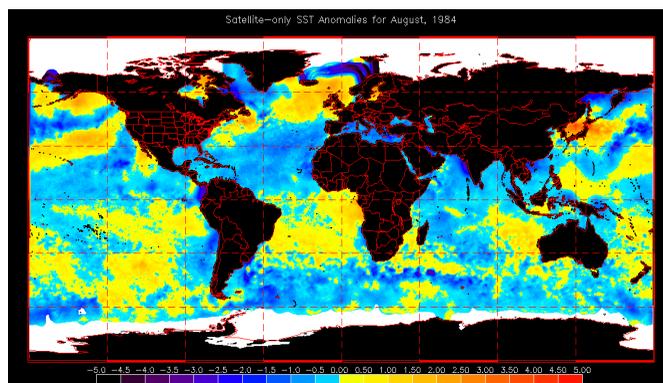


Figura 44: Anomalia da temperatura superficial do mar para agosto de 1984. Fonte: National Oceanic and Atmosphere Administration (NOAA).

As chuvas da região do altiplano andino podem ser potencializadas pela presença da fase fria do ENOS, como aqueles ocorridos nos anos de 1984 e 2011, quando eventos de LÑ causaram precipitações superiores a 100 mm historiados em todas as estações meteorológicas (ROMERO *et al.*, 2013).

Observa-se na tabela 2 que durante o ano de 1984, com exceção de julho e agosto os quais ocorreram às inundações, os demais meses apresentaram índices positivos, e o sinal da ODP esteve mais forte em março (1,77) e abril (1,52).

Na tabela 3 é possível perceber que em 1984, com exceção de março, junho, julho e setembro, os outros meses exibiram índices

negativos, e o sinal da OAA esteve mais forte nos meses de janeiro (-1,098) e dezembro (-1,476). Nos períodos das inundações de julho e agosto os índices mostraram-se positivos e negativos, respectivamente.

A figura 45 mostra as variabilidades climáticas ODP e OAA com relação à precipitação em Itajaí e Copiapó em 1984. No caso da ODP (figura 45 (A)) para Itajaí, alguns meses como janeiro, fevereiro e março apresentaram o índice da oscilação maior que 1,0, conseqüentemente, as precipitações registraram valores elevados, em janeiro e março acima de 200 mm. A maior precipitação, ocorrida no mês de agosto, apresentou ODP com sinal menor que 1,0. O mês de maio tem um dos menores registros de precipitação anual, mas índice de ODP superior a 1,0. Ainda nota-se que entre março a maio há uma diminuição da variabilidade, bem como dos totais pluviométricos. Para Copiapó a precipitação encontrada não acompanha a curva da variabilidade, como no caso de julho, o qual tem o maior volume pluviométrico, mas índice de oscilação menor que 1,0. Em março a precipitação anotada segue o aumento da oscilação, sendo o mês com o segundo maior registro durante o ano. Os outros meses analisados apresentam chuvas inferiores a 1 mm.

Na OAA (figura 45 (B)) dos doze meses de registro, em oito deles o índice esteve abaixo de 1,0, o que implicaria em maiores volumes de chuvas. Alguns meses, para Itajaí, seguem essa regra, outros não. Em janeiro e fevereiro o registro da variabilidade mostra um acréscimo de -1,098 para -0,544, acompanhando esse raciocínio a precipitação diminuiu. Maio têm um dos menores índices de variabilidade anotados, com -1,237, e é neste mês o segundo menor registro de precipitação, aproximadamente 95 mm. Para agosto esperava-se elevada quantidade de chuva, visto que a OAA se encontrou menor que 1,0, e assim confirmouse, logo que a precipitação foi a maior do ano. Para Copiapó as maiores precipitações registradas foram nos meses de março e julho, como notadas anteriormente, ambas com a oscilação em sinal positivo.

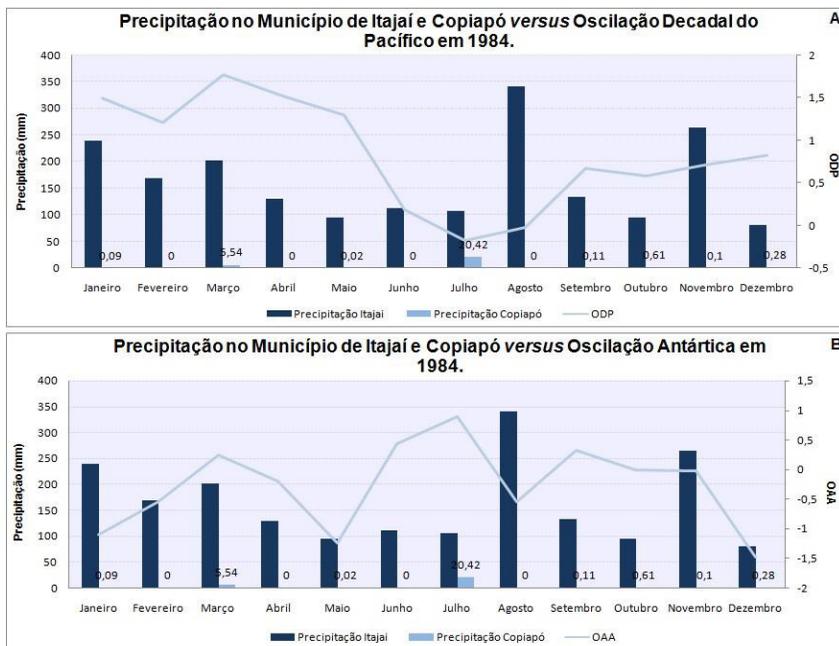


Figura 45: Precipitação em Itajaí e Copiapó relacionado às variabilidades Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e Oscilação Antártica (OAA) em 1984. Fonte dos dados: NOAA, JISAO, NCEP/ NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

### 6.3.3 Ano de 1997

As condições oceânicas encontradas sobre o Pacífico Equatorial aproximadamente seis meses antes do evento de inundação de janeiro permaneceram no estado de neutralidade climática, com predominância de anomalias inferiores a  $-0,5^{\circ}\text{C}$  (conforme a tabela 1).

Durante o mês de junho as anomalias oceânicas e atmosféricas, associadas ao fenômeno EÑ, no Pacífico Equatorial se intensificaram. Em particular, a anomalia da TSM na região do Niño 3 aumentou durante o mês de junho, até alcançar um valor de  $+2,6^{\circ}\text{C}$  durante a terceira semana de julho (figura 46) (BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA DO CHILE JUNHO, 1997).

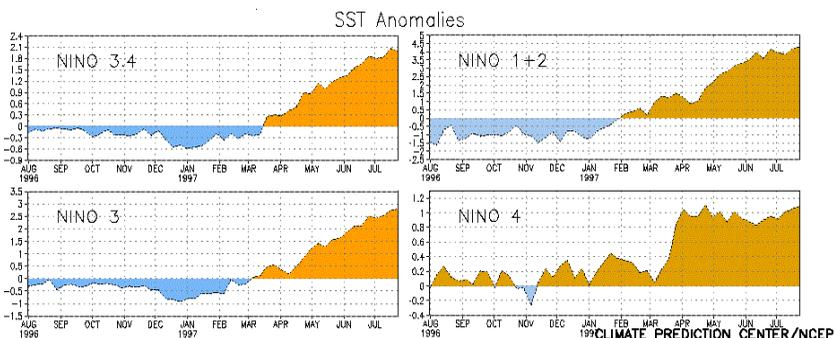


Figura 46: Anomalias da temperatura superficial do mar para as regiões do Niño em 1996 e 1997. Fonte: Departamento de Geofísica da Universidade do Chile, 1997.

No Pacífico Equatorial ocidental a anomalia de TSM se manteve estacionária, perto de  $+1,0^{\circ}\text{C}$  desde o início de abril, tanto que o setor equatorial junto a costa da AS apresentava desde junho uma anomalia de  $+4^{\circ}\text{C}$ . Os indicadores atmosféricos para esse ano mostraram a presença de evento de EÑ. Em particular, o IOS continuou se intensificando em sua fase negativa nos meses de março, abril, maio e junho (BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA DO CHILE JUNHO, 1997).

A maioria dos modelos antecipava a continuação de condições típicas de um evento de EÑ ao longo dos próximos meses. Até o fim do período de EÑ a taxa de aumento das anomalias de TSM no Pacífico Central (região do Niño 3) superou aqueles observados anteriormente, incluindo o ano de 1982 e 1983. As ocorrências de condições meteorológicas anômalas em regiões remotas se encontram fortemente condicionadas pelas perturbações de escala intrasazonal e da nebulosidade convectiva sobre o Oceano Índico, Indonésia e Pacífico Equatorial central. (BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA DO CHILE JUNHO, 1997).

Em agosto o processo de intensificação do EÑ é constante, alcançando níveis comparáveis aos anos de 1982 e 1983. O enfraquecimento das anomalias oceânicas e atmosféricas observadas em junho foi interrompido em agosto, em consequência de uma nova perturbação, a partir de nuvens convectivas no Pacífico Equatorial Ocidental, o que provocou um fluxo de vento nessa região. Em comparação a eventos anteriores de EÑ o episódio de 1997-98 foi caracterizado pelo aumento do índice de anomalias na TSM do Pacífico

Equatorial central (região do Niño3), superando em agosto os  $+3,0^{\circ}\text{C}$  (ACEITUNO; MONTECINOS, 1997).

Segundo Teracines (2000) o evento ocorrido em 1997-98 tornou-se responsável pela maior parte das anomalias climatológicas no Brasil. Implicações diferenciadas foram percebidas no país, como a diminuição de precipitação na região nordeste, episódios de estiagens no norte da Amazônia, chuvas abundantes causadoras de enchentes na região sul, e inverno ameno no sudeste.

Segundo a tabela 2 é possível notar que em 1997 todos os meses apresentaram sinais positivos, e mais fortes no período de inverno especialmente em junho e agosto, com índices de 2,76 e 2,79, respectivamente. Neste período, como descrito anteriormente, o ENOS situava-se em fase de EÑ muito forte. A fase positiva da ODP e o evento de EÑ podem explicar em parte os valores extremos de precipitações no Vale do Itajaí e em outras regiões do estado.

A OAA encontrada em 1997, representada pela tabela 3, tem distribuição ao longo do ano com sinais positivos e negativos e índices que variaram de -1,905 (novembro) a 1,028 (maio). Gillet *et al.* (2006) realizaram um estudo examinando a relação entre a OAA com a temperatura e precipitação no HS. A pesquisa assinalou a fase positiva da OAA associada às condições de tempo quente e seco sobre a Nova Zelândia, Tasmânia e AS, e condições frias e úmidas sobre a maior parte da Austrália. O estudo ainda mostrou que a OAA tem impacto significativo na precipitação e temperatura ao longo de muitas áreas no HS.

A figura 47 mostra a relação das oscilações Antártica e Decadal do Pacífico com as cidades de Itajaí e Copiapó no ano de 1997. No caso da figura 47 (A), a ODP e as precipitações em Itajaí não apresentaram tanta relação sobre a curva da variabilidade, considerando que o mês de janeiro teve elevado volume de chuva, mas índice próximo de 0,2. Os maiores índices da variabilidade foram em junho, julho, agosto e setembro, e as chuvas menores comparadas a janeiro. Em outubro ocorreram algumas inundações em Santa Catarina, e em Itajaí a quantidade ultrapassou os 300 mm e a ODP registrou 1,61. Na cidade de Copiapó os maiores registros foram nos meses de junho e agosto, ambos acima de 50 mm, e os níveis da variabilidade quase 3,0. A OAA apresentou seis meses com índices menores que 1,0. Dos oito meses com precipitação acima de 100 mm, no município de Itajaí, seis foram com índices menores que 1,0, em novembro, por exemplo, as chuvas registraram mais de 230 mm e a variabilidade esteve próxima a -2,0. Para a área de Copiapó registraram-

se meses com precipitação nula, e os que ocorreram nos meses de junho e agosto estavam com índices negativos e positivos, respectivamente.

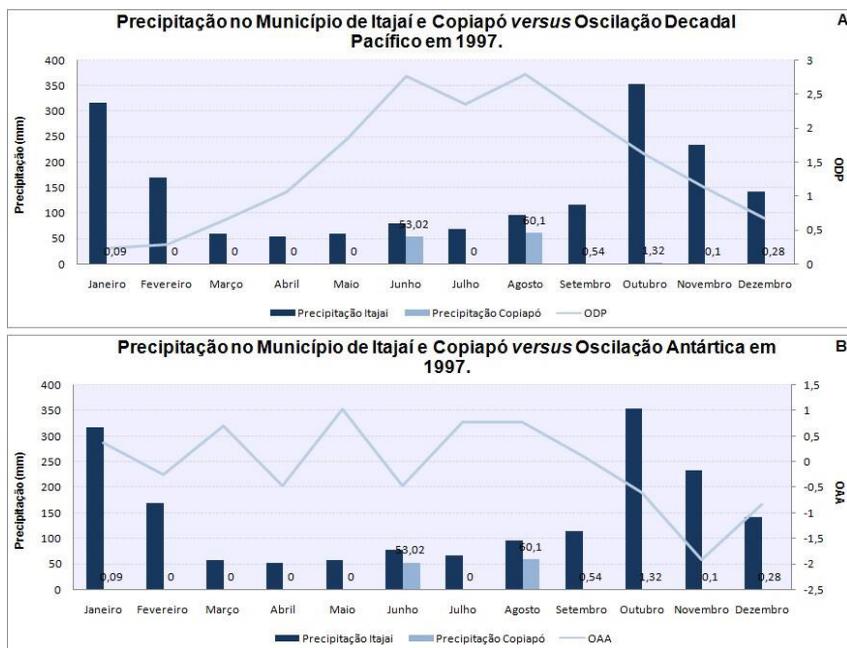


Figura 47: Precipitação em Itajaí e Copiapó relacionado às variabilidades Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e Oscilação Antártica (OAA) em 1997. Fonte dos dados: NOAA, JISAO, NCEP/ NOAA. Elaborado por Bárbara Dutra, 2016.

### 6.3.4 Ano de 2008.

O evento de LÑ 2007-08 adquiriu forte intensidade. A anomalia média da TSM na região do Niño 1+2 durante o período de outubro a dezembro de 2007 foi a maior encontrada desde 1950. Os modelos prognósticos indicavam que o evento de LÑ perderia sua força durante o primeiro semestre de 2008 (BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA DO CHILE NOVEMBRO, 2008).

As condições atmosféricas e oceânicas para o evento de 2008 mostram que aproximadamente 3 a 4 meses anteriormente à inundação permaneceram em estado de neutralidade. No trimestre de JAS (julho/agosto/setembro) de 2007 iniciou-se o período de LÑ, segundo a

tabela 1, e permaneceu ao longo de 2008 e início de 2009, com sinal da fase negativo.

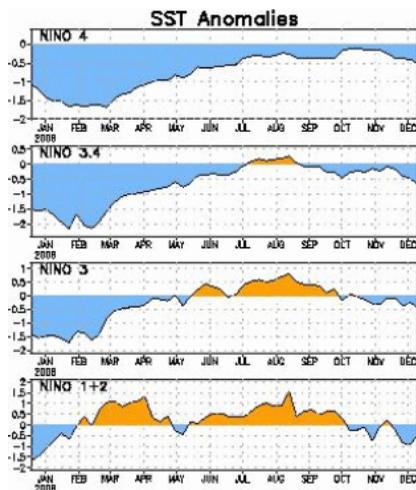


Figura 48: Evolução das anomalias de temperatura superficial do mar (°C) nas regiões do Niño4 (5°N - 5°S, 160°E - 150°W), Niño 3.4 (5°N - 5°S, 170° - 120°W), Niño3(5°N - 5°S, 150° - 90°W) e Niño 1+2 (0° - 10°S, 90° - 80°W).

Segundo o Boletim Climático do Departamento de Geofísica do Chile (2008) a partir de novembro de 2008 esperou-se um aumento no resfriamento, caracterizando uma tendência à LÑ de fraca intensidade. A ocorrência de LÑ no trimestre de NDJ (novembro/dezembro/janeiro) registrava baixa probabilidade, mas, acabou ocorrendo e prevaleceu até aproximadamente o trimestre de JFM (janeiro/fevereiro/março) de 2009. Durante novembro de 2008 a circulação atmosférica do HS se caracterizou por um padrão de onda com núcleos de anomalias positivas encontradas nos oceanos Pacífico Sul, Atlântico Sul e Índico.

Na tabela 2 é possível notar que em todos os meses a oscilação esteve negativa, e o sinal da ODP mais forte entre os meses de abril a novembro, com índices de -1,7 (agosto) e -1,76 (outubro).

Quanto a OAA, os sinais positivos são observados em maior proporção, com exceção dos meses de abril (-0,873) e maio (-0,49). Essa oscilação apresentou forte caráter nos meses de janeiro, fevereiro, dezembro e outubro, e mais ainda nos meses de setembro (1,386) e junho (1,348).

Ainda representando o ano de 2008, a figura 49 assinala as variabilidades como ODP e a OAA em relação às chuvas. Como citado anteriormente a ODP se manteve negativa ao longo do ano, então,

esperava-se que os registros de precipitação fossem inferiores aos anos em que a variabilidade tem o índice elevado e/ou superior a 1,0. Quanto a OAA acredita-se que índices menores que 1,0 resultam em elevados volumes de precipitação, para esse caso, as oscilações estiveram acima de 1,0, com exceção de abril e maio, e mesmo assim ocorreram precipitações superiores as normais históricas em Itajaí. Em Copiapó muitos meses armazenaram baixa precipitação, com exceção ao mês de agosto, e quando ocorrem são inferiores à Itajaí.

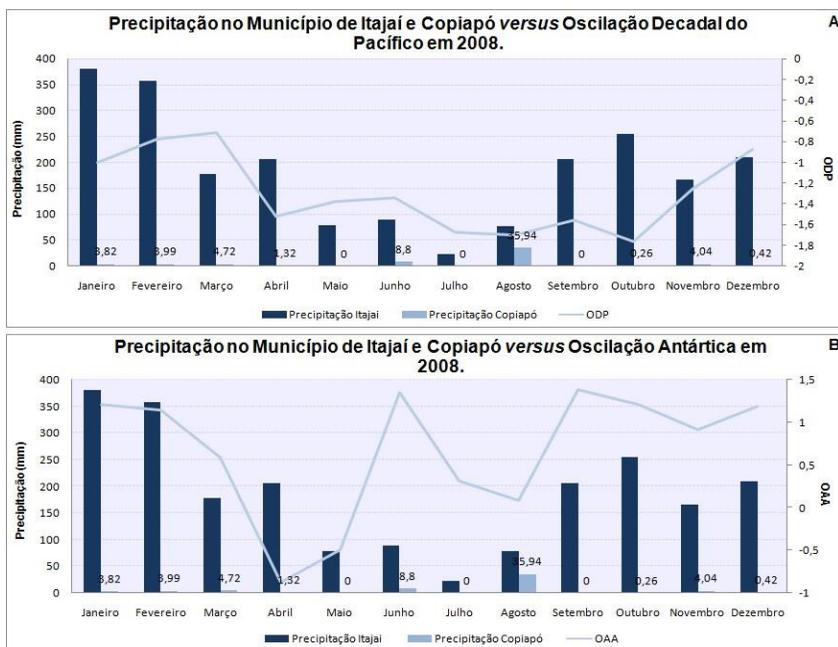


Figura 49: Precipitação em Itajaí e Copiapó relacionado às variabilidades Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e Oscilação Antártica (OAA) em 2008. Fonte dos dados: NOAA, JISAO, NCEP/ NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

### 6.3.5 Ano de 2011

O evento de LÑ de 2010-11 foi caracterizado pela variação da OS entre fase neutra e positiva, ocorrendo a partir do mês de maio, por conseguinte, até outubro de 2011 as variáveis oceânicas e atmosféricas no Pacífico equatorial permaneceram em evolução (BOLETIM

## CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA DO CHILE SETEMBRO, 2011).

Durante agosto a TSM decresceu na faixa equatorial do Oceano Pacífico, com anomalias médias negativas próximas a  $0^{\circ}\text{C}$ . Esse persistente resfriamento nos meses seguintes apontou o retorno das condições de LÑ, conforme prognosticado pelos modelos (BOLETIM CLIMANÁLISE AGOSTO, 2011).

O evento de maior repercussão ocorreu durante setembro de 2011. Neste mês o índice da OS foi positivo (+1,2), sendo coerente com a evolução do regime da TSM no Pacífico Equatorial para a fase de LÑ (BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA DO CHILE SETEMBRO, 2011). Durante setembro as anomalias negativas de TSM expandiram ao longo do Oceano Pacífico Equatorial, observando e tendendo para as condições de LÑ. Nas regiões dos Niños as anomalias médias variaram entre  $-0,7^{\circ}\text{C}$  e  $-0,6^{\circ}\text{C}$  com o maior resfriamento na região do Niño 1+2 (BOLETIM CLIMANÁLISE SETEMBRO, 2011).

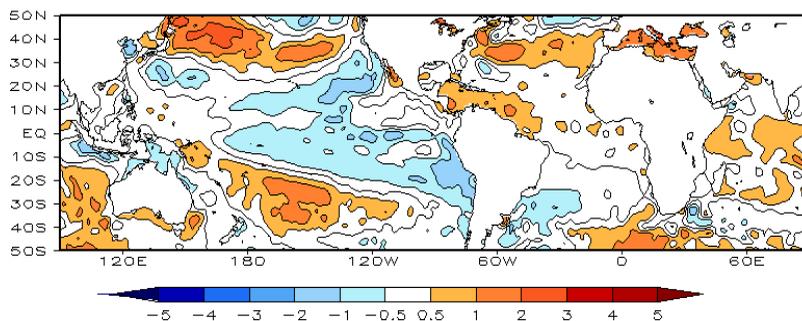


Figura 50: Anomalias com intervalos entre as isotermas de  $0,5^{\circ}\text{C}$  para as anomalias de até  $1^{\circ}\text{C}$ . Acima deste valor o intervalo é de  $1^{\circ}\text{C}$ . Anomalias são apontadas como desvios nas médias mensais em relação à climatologia do CPC. Fonte: CPTEC/INPE, 2011.

Grimm e Tedeschi (2004) apontam que durante os eventos de EÑ o número de eventos extremos associados à precipitação tem um aumento durante o final de inverno e primavera (agosto (0) e novembro (0)) para a região sul e noroeste do Brasil, e na primavera tendem a atenuar nas regiões centro e sudeste. Numa situação reversa de primavera o número de episódios extremos enfraquece na região norte e nordeste, e aumenta no centro e sudeste. Para março ocorre a diminuição desses eventos no Brasil. A influência de eventos de EÑ afeta novamente a frequência de eventos severos em julho (+) e em maio (+) na região sul. Durante os

eventos de LÑ nota-se no final do inverno e primavera que o número de episódios extremos para a região sul diminui e aumentam na região centro e sudeste. Em janeiro (+) especialmente na parte norte da região sul há o acréscimo de eventos extremos e caem a quantidade de episódios no centro e sudeste. Este estudo foi baseado em dados diários de precipitação a partir de 2.714 estações meteorológicas no Brasil durante os anos de 1956 a 2002. Os anos foram classificados em três categorias: anos Normais, EÑ e LÑ, e se considerou que o ano inicia em agosto (ano 0) e termina em julho (ano +), devido à distribuição de impactos dos eventos de EÑ e LÑ.

O índice mensal da OAA foi negativo durante setembro, concordando com o contraste entre anomalias negativas de pressão em altas latitudes e positivas na região circumpolar e sobre o continente antártico. Esta condição anômala foi favorável para a maior atividade frontal registrada na região centro-sul do Chile (BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA SETEMBRO, 2011).

Os índices da ODP em 2011 permaneceram negativos, com o maior declínio a partir de julho, sendo o menor índice registrado em novembro (-2,33). Este indicador tem relação com os episódios de LÑ, que no período de 2011 se deparava com intensidade moderada a fraca (início de 2012), com valores trimestrais variando entre -1,3 a -0,2 para o mesmo ano.

A figura 51 aborda as oscilações Antártica e Decadal do Pacífico e a possível afinidade com as precipitações sobre ambas as cidades. Neste caso os índices de ODP foram negativos e ocorreram elevadas precipitações em Itajaí, muitos meses acima da média histórica como o trimestre de janeiro/fevereiro/março e julho/agosto/setembro. As chuvas não apresentam sincronização com a curva da variabilidade da ODP (figura 51 (A)). A OAA (figura 51 (B)) apresentou sete meses em sua fase negativa, desses meses, quatro registraram chuvas acima de 150 mm, em Itajaí. Na fase positiva o maior índice ocorreu em dezembro com 2,57 e a precipitação para esse mês acima da normal. Em Copiapó o maior registro de precipitação - no mês de junho - ocorreu durante o índice negativo da OAA e fria da ODP.

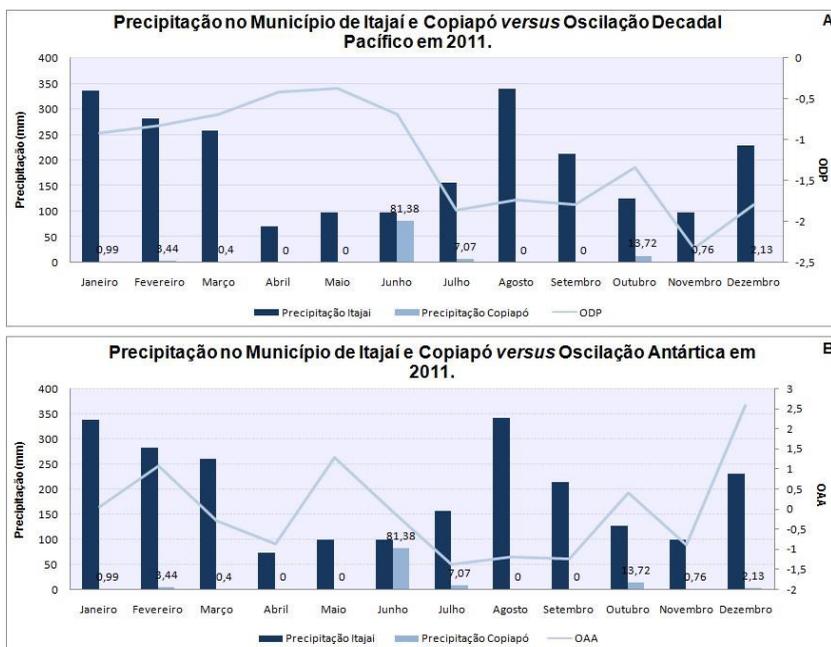


Figura 51: Precipitação em Itajaí e Capiapó relacionado às variabilidades Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e Oscilação Antártica (OAA) em 2011. Fonte dos dados: NOAA, JISAO, NCEP/NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

## 6.4 ANÁLISE DAS TEMPERATURAS SUPERFICIAIS DOS OCEANOS ATLÂNTICO E PACÍFICO

Nas imagens de TSM para o ano de 1983 (figuras 52, 53 e 54) percebe-se um comportamento padrão para as temperaturas de acordo com as épocas e estações do ano em que se encontram. Na região aproximada de 27°S, para o Oceano Atlântico Sul, localização em frente à cidade de Itajaí, as maiores temperaturas são registradas nos meses de janeiro e fevereiro (entre 26° e 28°C), e março e dezembro (entre 24° e 26°C), a partir de abril têm-se o declínio, e no mês julho o menor registro, cerca de 15,7°C. Por se tratar da costa brasileira observa-se que as temperaturas do Oceano Atlântico são superiores comparadas ao Oceano Pacífico, com temperatura semelhante apenas no mês de julho (figura 55). As correntes e massas de água atuantes estão entre os fatores que explicam as características de águas mais quentes, considerando-se também a influência do fenômeno EÑ de 1982-83, que se apresentava

intenso, causando um aquecimento anormal das temperaturas. No Oceano Pacífico, para o mesmo ano, as temperaturas estiveram mais frias que o Atlântico durante os doze meses do ano, com diferença de até 5°C entre um oceano e o outro. As menores temperaturas foram encontradas em agosto e outubro, em torno de 14,8° e 14,7°C, respectivamente. As temperaturas mais elevadas registram-se nos meses de janeiro, fevereiro e março, ocorrendo diminuição a partir de abril, aquecendo novamente apenas em dezembro. Para a costa do Pacífico os registros de baixas temperaturas são importantes para a produtividade pesqueira, nesse caso ocorre o incremento dos nutrientes devido ao fenômeno ressurgência, o qual faz com que as águas mais frias oriundas de maiores profundidades aflorem até a superfície, com intensa gama de nutrientes.

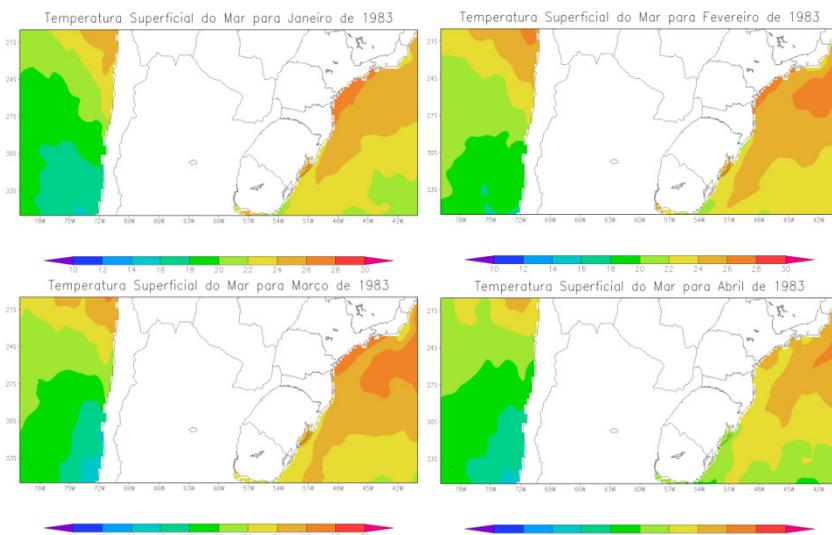


Figura 52: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de janeiro a abril em 1983. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

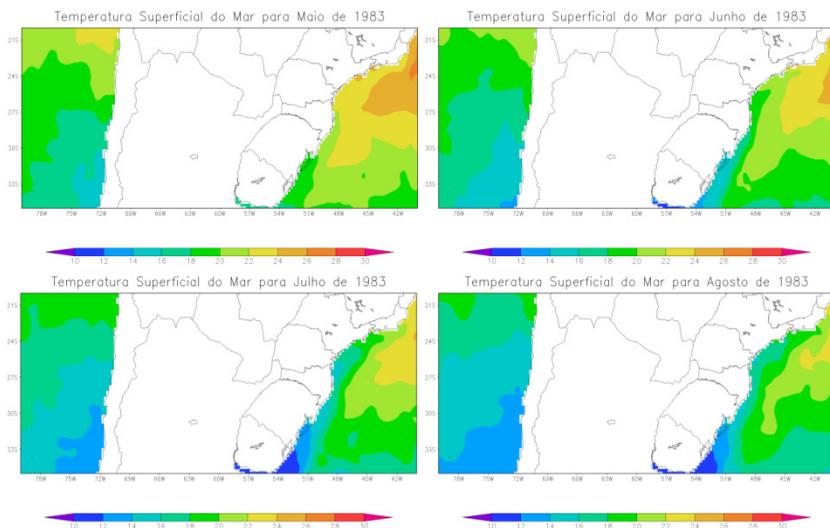


Figura 53: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de maio a agosto em 1983. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

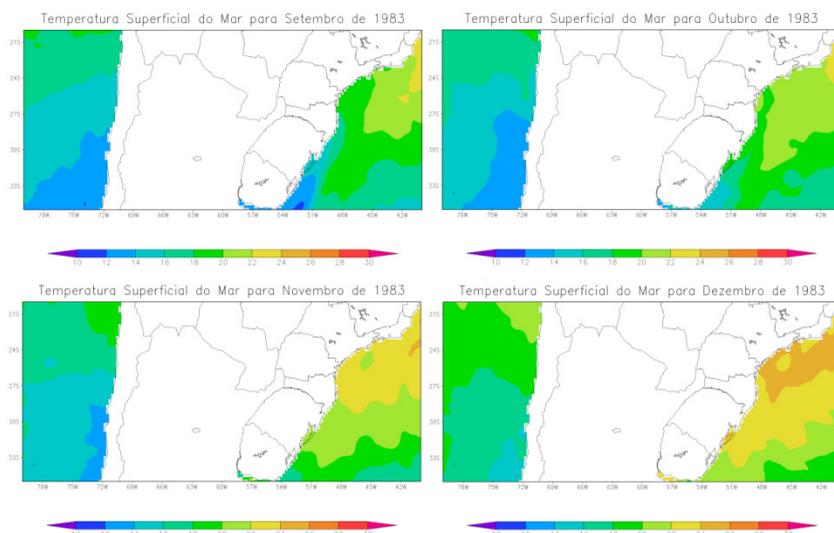


Figura 54: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de setembro a dezembro em 1983. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

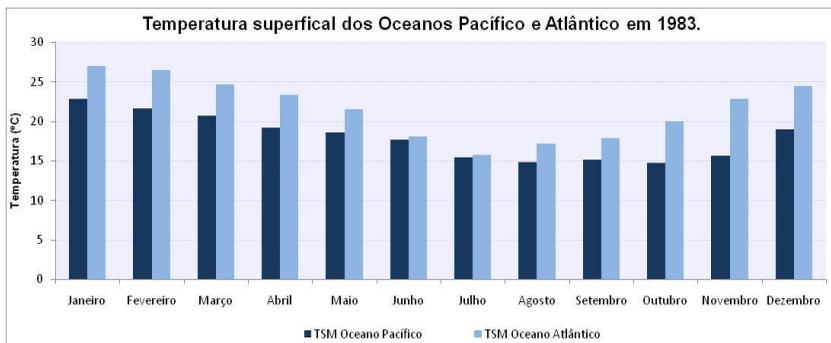


Figura 55: Temperatura Superficial do Mar para os Oceanos Atlântico e Pacífico em 1983. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

As temperaturas superficiais do mar para o ano de 1984 (figuras 56, 57 e 58) estão elevadas entre os meses de janeiro, fevereiro e março para o Oceano Atlântico. Em fevereiro de 1984 encontrou-se o maior registro anual de temperatura, aproximadamente 27,0°C, a massa de água se encontrava na faixa mais quente (entre 26° e 28°C) e continua em direção ao sul. O comportamento ao longo do ano é padrão, com altas temperaturas durante as estações de verão, e declínio ao longo dos períodos de outono e inverno (figura 59). A menor temperatura esteve no mês de agosto (entre 14° e 16°C). Por ser um ano com presença de LÑ esperam-se temperaturas menores se comparadas a 1983, mas meses como junho, julho, setembro apresentaram diferença de até 2°C entre 1984 e os mesmos meses em 1983. Para o Oceano Pacífico percebeu-se que as temperaturas foram menores comparadas ao ano de 1983, excetuando outubro, novembro e dezembro. Os valores mais baixos de temperatura, na latitude de 27°S, estiveram próximos de 14°C para os meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro. Relacionado a 1983 a temperatura teve um declínio médio de 3°C nos meses de maio e junho, de 2°C para janeiro e fevereiro, e superior a 1°C para março, abril e julho.

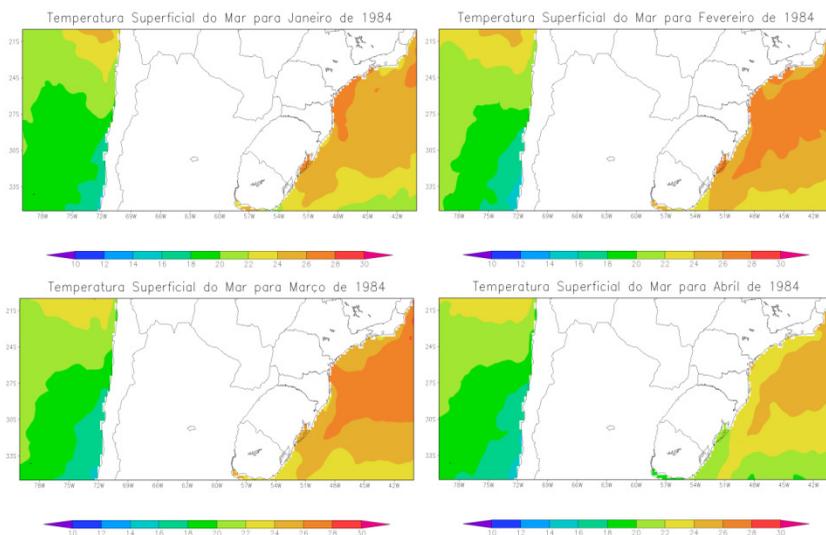


Figura 56: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de janeiro a abril em 1984. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

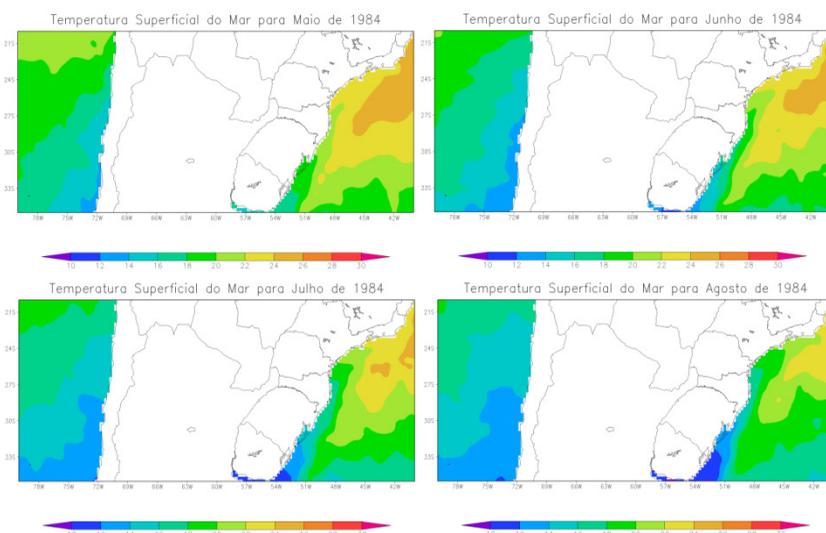


Figura 57: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de maio a agosto em 1984. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

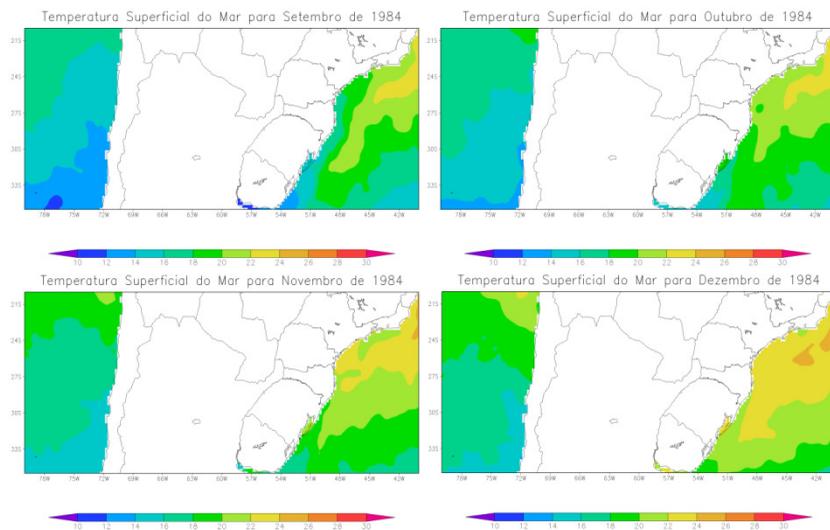


Figura 58: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de setembro a dezembro em 1984. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

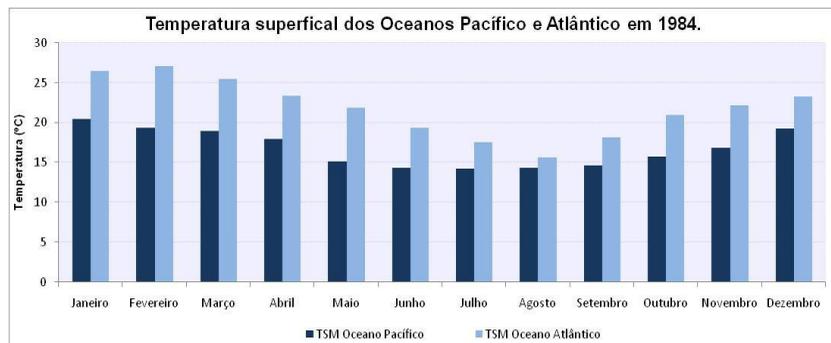


Figura 59: Temperatura Superficial do Mar para os Oceanos Atlântico e Pacífico em 1984. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

As temperaturas mensais para o ano de 1997 apresentaram novamente o desempenho padrão ao longo do ano (figura 60, 61, e 62). Para o Oceano Atlântico, em janeiro observa-se o maior registro de TSM do ano, aproximadamente 26,3°C, permanecendo no espectro entre 26 e 28°C. Em relação aos anos de 1983 e 1984, o ano presente apresentou temperaturas superiores nos meses de maio, junho, julho, agosto, setembro e dezembro, em outubro e novembro os índices permaneceram próximos a 22°C, e em abril cerca de 23,5°C para ambos os anos. A curva

de temperatura aponta o menor valor em julho e agosto (figura 63). Em 1997 reportou-se um dos eventos de EÑ de maior intensidade especialmente para o fim do ano. No Oceano Pacífico a temperatura se apresentou mais quente em fevereiro, março, abril e dezembro, os referidos meses estiveram entre a faixa de 20° a 22°C. O menor índice de temperatura permaneceu em julho, agosto, setembro e outubro. Em setembro registrou 15,7°C, mesmo assim, ainda maior se comparado aos anos de 1983 e 1984, com temperaturas de 15,2°C e 14,7°C, respectivamente.

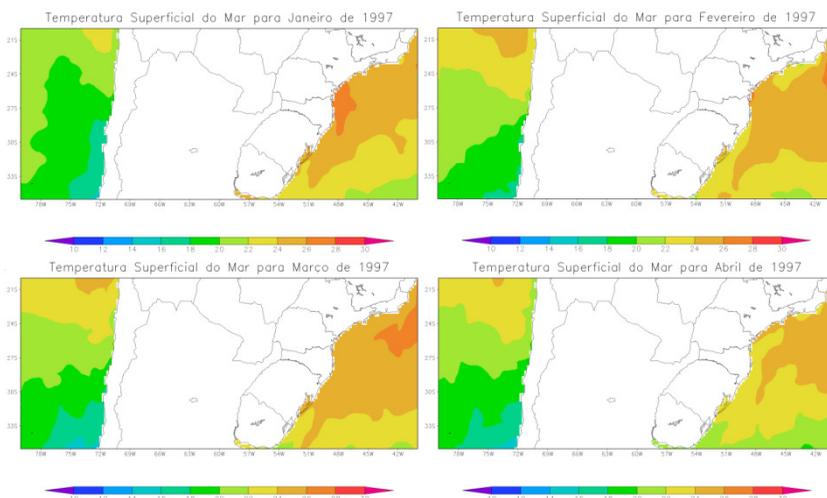


Figura 60: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de janeiro a abril em 1997. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

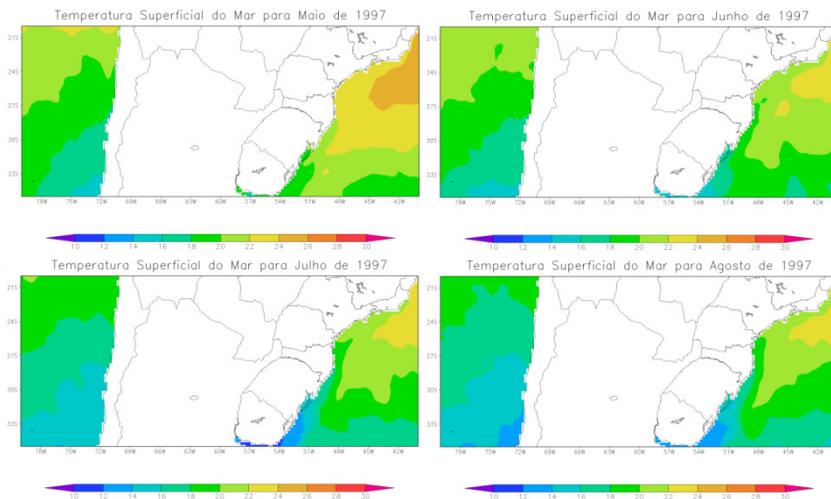


Figura 61: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de maio a agosto em 1997. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

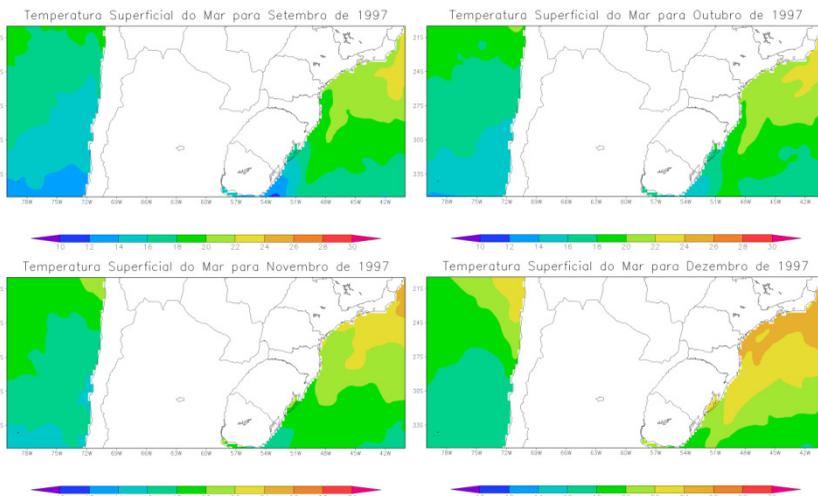


Figura 62: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de setembro a dezembro em 1997. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

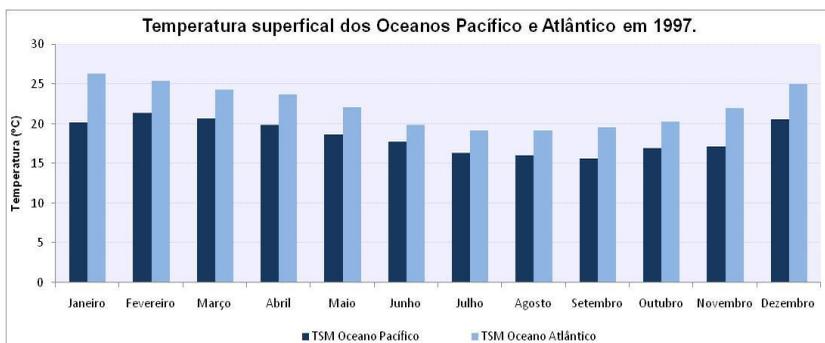


Figura 63: Temperatura Superficial do Mar para os Oceanos Atlântico e Pacífico em 1997. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

Não diferente dos outros anos, em 2008, a TSM indicou valores elevados durante a estação de verão (figuras 64, 65 e 66), e para o Oceano Atlântico estão distribuídas entre os meses de janeiro, fevereiro e março, cerca de 26°C, e em junho apresenta a menor temperatura de 18,6°C. Esse ano encontrava-se em período de LÑ com intervalo de neutralidade, e relacionado ao ano de 1984, o qual também se descreve como período de LÑ, no presente ano as temperaturas de julho e agosto tiveram um acréscimo médio de 2° a 3°C, aumento esse considerado elevado se tratando da época do ano. No Oceano Pacífico, para a latitude próxima de 27°S, a temperatura superficial manteve seu desempenho normal, com maiores valores nos meses de janeiro e fevereiro, com 19,9°C e 20,5°C, respectivamente. A partir de abril apresenta menores índices, o qual se percebe os valores mais baixos nos meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro, com alcance máximo de 14,8°C. Ainda no Oceano Pacífico mesmo nas estações mais quentes relataram-se menores valores de temperatura comparado ao Atlântico (figura 67).

No período de 2008 ocorreu uma progressiva diminuição da extensão da região equatorial com anomalias negativas, e se percebeu o desenvolvimento de anomalias positivas de forma pulsante na região equatorial próxima ao continente sul-americano, com máximas no fim de maio, primeira metade de julho e início de agosto, os quais estavam relacionados com fenômenos de propagação de ondas ao largo do Equador. O estabelecimento de anomalias de TSM no setor oriental do Pacífico Equatorial e a posterior expansão dessas anomalias para oeste também ocorrem, aonde se pode observar a evolução das anomalias de TSM nas regiões Niño4, Niño 3.4, Niño 3 e Niño 1+2, que apresentam o

campo global de anomalia de TSM para o início de agosto (BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA JULHO, 2008).

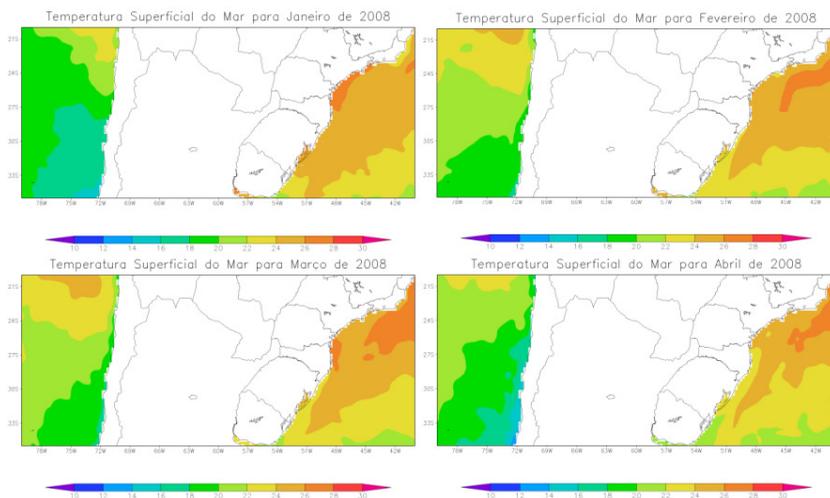


Figura 64: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de janeiro a abril em 2008. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

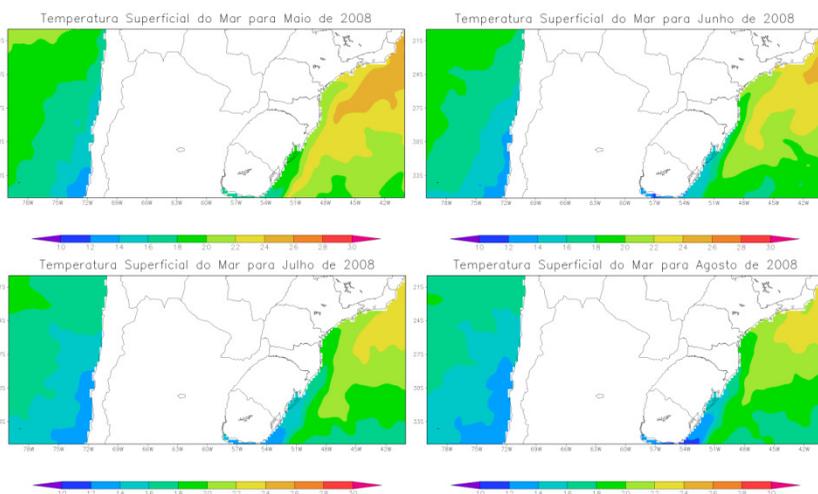


Figura 65: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de maio a agosto em 2008. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

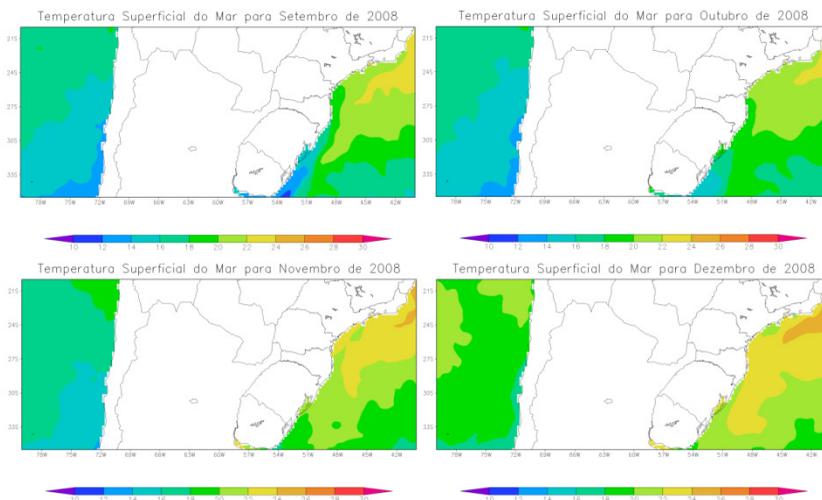


Figura 66: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de setembro a dezembro em 2008. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

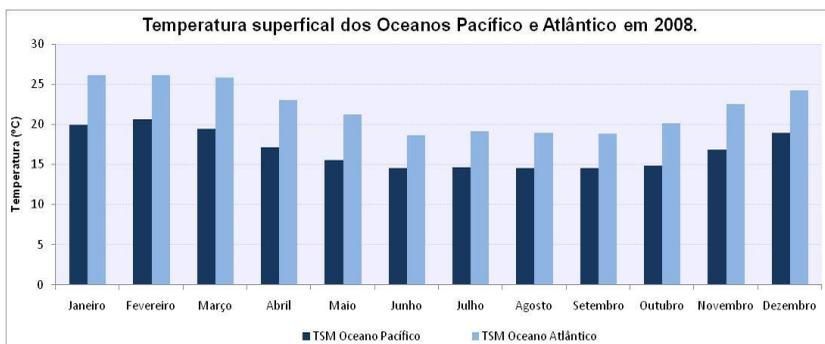


Figura 67: Temperatura Superficial do Mar para os Oceanos Atlântico e Pacífico em 2008. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

O último ano de análise da temperatura superficial do mar (figuras 68, 69 e 70) indicou que as temperaturas mais elevadas para o Oceano Atlântico distribuíram-se entre os meses de janeiro e fevereiro, com 26,6° e 26,3°C, respectivamente. O declínio se inicia a partir de março, com o menor registro em agosto, aproximadamente 17,6°C, retornando a aquecer em outubro. Por tratar-se de um ano com influência de LÑ, no Oceano Pacífico a maior temperatura observada foi em fevereiro e março compreendidos entre a faixa de 20° a 22°C, e nos meses de maio, junho, julho, agosto, setembro e outubro as temperaturas foram menores que

16°C, ainda em agosto e setembro registraram-se 13,7°e 13,4°C, respectivamente. A curva de temperatura (figura 71) mostrou que os dois oceanos possuem um molde similar de desempenho, e que os índices analisados de TSM estão superiores no Oceano Atlântico.

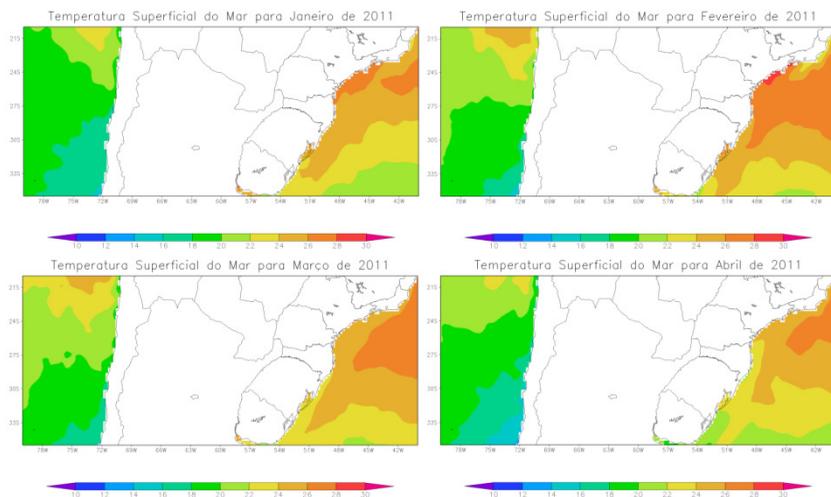


Figura 68: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de janeiro a abril em 2011. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

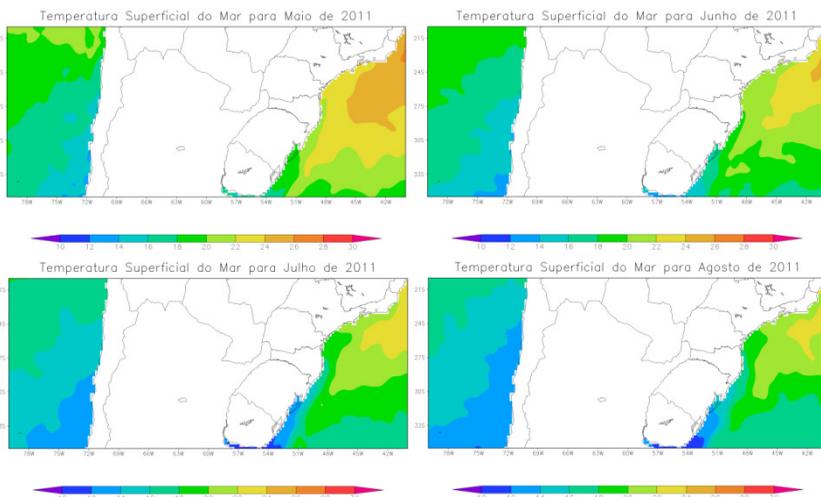


Figura 69: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de maio a agosto em 2011. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

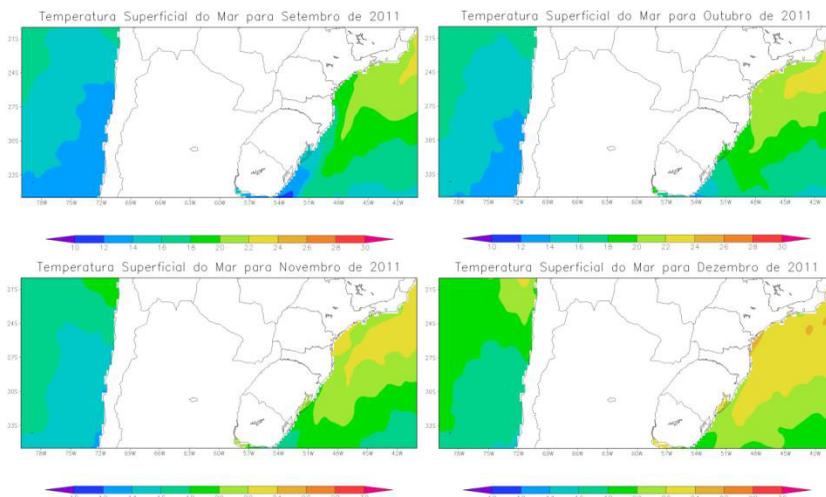


Figura 70: Reanálises para a temperatura superficial do mar no período de setembro a abril em 2011. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

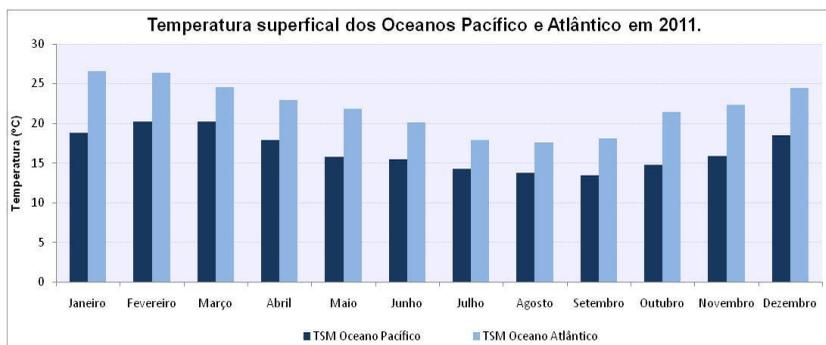


Figura 71: Temperatura Superficial do Mar para os Oceanos Atlântico e Pacífico em 2011. Fonte dos dados: NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

## 6.5 RELAÇÃO ENTRE TEMPERATURA SUPERFICIAL DO MAR E PRECIPITAÇÃO

Os oceanos possuem um papel determinante nos fluxos de umidade e calor sensível, comprometendo o regime de precipitação, por isso, para estudos de variabilidade interanual das chuvas deve considerá-los. As relações entre os padrões das anomalias de TSM do Oceano Atlântico com o clima do Brasil tem sido foco de muitos estudos, mas, a grande

maioria das pesquisas aborda o Atlântico Tropical e o papel sobre as chuvas na região Nordeste (MOURA; SHUKLA, 1981).

O papel do Oceano Atlântico Sudoeste e sua relação com as alterações e modulações climáticas na AS começaram a ser investigadas. Destaques da relação entre a precipitação registrada no Rio Grande do Sul e Uruguai com a TSM do Atlântico Sudoeste foram propostas por Diaz, Studzinski e Mechoso (1988). Nesta pesquisa as maiores correlações entre TSM e precipitação são encontradas nos meses de abril a julho, quando a modulação na precipitação possui um sinal mais forte do Atlântico Sudoeste, ainda aponta-se que tal fato ocorre independente dos efeitos remotos de outras regiões oceânicas. As ligações encontradas entre anomalias de TSM no Pacífico e de precipitação nas regiões de Rio Grande do Sul e Uruguai sugerem ser parte das relações do ENOS e precipitação no sudeste da AS.

Inicialmente foram utilizadas as médias mensais da temperatura superficial do Oceano Pacífico,  $26^{\circ}54'54''\text{S}$   $71^{\circ}24'00''\text{W}$ , e sua possível relação com a precipitação total mensal encontrada em Copiapó. Para isso empregou-se o gráfico de dispersão, os valores de precipitação mensal para essa região são extremamente baixos, isso quando ocorrem, e os máximos constatados foram de aproximadamente 80 mm.

Na figura 72 é possível notar a baixa correlação entre as variáveis, uma vez que o maior número de pontos no eixo x estão entre 0 e 10 mm, os outros pontos se encontram distribuídos de forma irregular, e em nenhum momento da configuração final do resultado apresenta tendência ou proximidade para formar uma reta. O valor de  $r$  (0,1140) esteve próximo de 0,0 (zero), assim pode-se dizer que ambas não estão correlacionadas, que a temperatura do Oceano Pacífico não é o principal processo que controla as chuvas para a área de Copiapó.

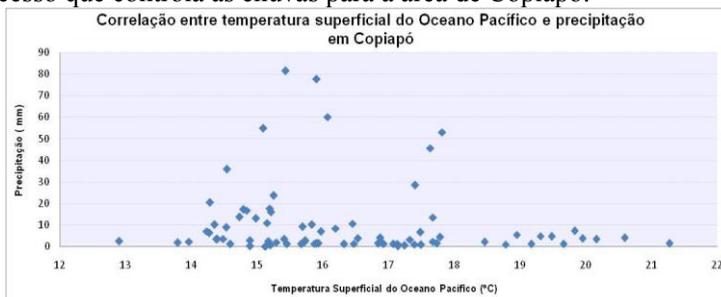


Figura 72: Correlação entre a média mensal da TSM do Oceano Pacífico e a precipitação total mensal em Copiapó entre 1981 até 2011. Fonte dos dados: Global Precipitation Climatology Centre/NOAA; NOAA High Resolution SST/ESRL/NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

Para a cidade de Copiapó o  $n$  utilizado contou com 80 amostras, em virtude da quantidade de dados de precipitação disponibilizados para coleta, logo que muitos dessas informações registravam precipitação igual ou próxima à zero (0,0 mm), sendo descartadas. Com o resultado do teste  $t = 1,0134$  deve-se conferir se o mesmo afere com a tabela de distribuição *t de Student*, O valor de  $t$  deveria ser próximo a 1,96, o que não ocorreu, implicando em uma correlação estatisticamente não significativa entre as variáveis, assim pode-se dizer que a TSM do Oceano Pacífico não está correlacionado com o volume pluviométrico, permanecendo necessário analisar os sistemas meteorológicos influentes na região.

Outras características e variáveis podem se adequar melhor as ocorrências pluviométricas, como os sistemas atmosféricos entre eles o ASPS, os núcleos frios em altura, os sistemas frontais, e os vórtices ciclônicos.

A presença do ASPS determina uma baixa nebulosidade na zona continental, efeito da subsidência do ar seco aquecido adiabaticamente, formando uma capa de inversão térmica bem definida, a qual na costa atua como teto para formação de uma densa cobertura de neblina originada no Oceano Pacífico, e que se desenvolve entre o limite da influência oceânica e uma altitude variável de norte a sul. Por outro lado, a expansão latitudinal para o sul do ASPS durante o verão, produto do seu ciclo anual de deslocamento latitudinal, bloqueia a chegada de frentes migratórias provenientes do sudoeste, determinando a ausência de precipitações. Contrariamente, durante o inverno, a migração para o norte do ASPS permite a chegada ocasional de centros migratórios de baixa pressão, capazes de contribuir para chuvas inverniais na região do Atacama (JULIÁ *et al.*, 2008).

A região ainda apresenta influência direta da Cordilheira dos Andes, a mesma impede que a umidade e os sistemas atmosféricos amazônicos cheguem a essas regiões, invertendo o deslocamento em direção aos sistemas depressionários sobre o Brasil. Na zona andina, as grandes alturas da Cordilheira permitem a queda de precipitação em forma de neve. Dois mecanismos sinóticos podem ser descritos para este tipo de chuvas encontradas no inverno, o primeiro caso se refere a frentes migratórias provenientes do sudoeste que ingressam na região, e o segundo são os mecanismos desenvolvidos por advecção da umidade, produtor da formação de um núcleo em altura ou baixa segregada. Junto com as precipitações inverniais, de norte a sul, as chuvas convectivas de

verão provenientes do cinturão de ventos alísios fornecem a caída de água na parte alta da cordilheira (JULIÁ *et al.*, 2008).

As figuras 73 e 74 mostram as variáveis TSM e precipitação dispostas de outra maneira, separadas em dois períodos, a TSM do Oceano Pacífico, conforme discutido nas Análises das Temperaturas Superficiais dos Oceanos Atlântico e Pacífico apresenta um comportamento padrão ao longo de toda a série histórica. Durante os meses de janeiro, fevereiro, e em alguns casos em março e dezembro averiguaram-se os valores mais elevados, ultrapassando a média de 20°C. As menores médias mensais de TSM acontecem durante o período de junho, julho, agosto e em alguns casos setembro e outubro, com mínimas de até 13°C, como em setembro de 2011 que historiou 13,4°C. Já a precipitação mostra seus menores registros no período de primavera e verão, e os maiores durante épocas de inverno - junho, julho e agosto. A partir das figuras é possível observar que os períodos de chuvas ocorridos estão distribuídos quando as temperaturas são inferiores a 18°C aproximadamente, com temperaturas superiores a 20°C as chuvas são quase nulas.

A influência do Oceano Pacífico e da corrente de Humboldt tornam possíveis a diminuição da temperatura do ar de norte a sul do país, permitindo que as temperaturas na região sul sejam elevadas e no norte mais baixas que outros países de mesma latitude. O relevo é um fator importante para as precipitações, temperaturas e os ventos sobre o território, as chuvas variam de norte a sul, e de oeste a leste tanto em volume quanto em distribuição. As precipitações possuem diversas origens, sendo as mais comuns do tipo frontal e convectiva, e por último as chuvas orográficas (SALA DE HISTORIA, 2014).

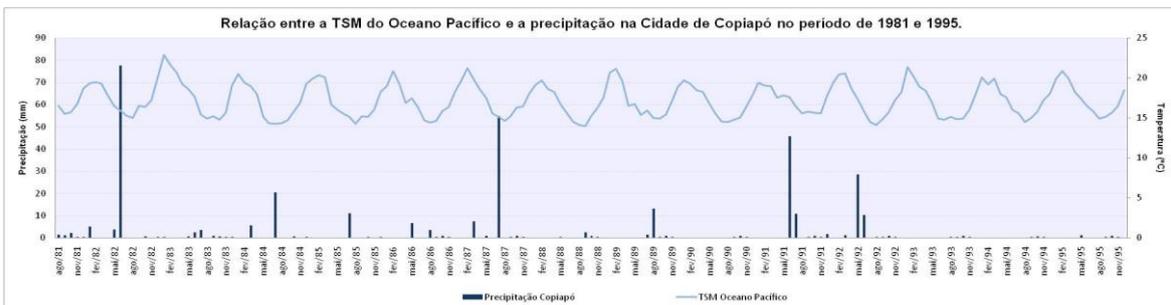


Figura 73: Relação entre a média mensal da TSM do Oceano Pacífico e a precipitação total mensal ocorrida em Cuiabá entre 1981 até 1995. Fonte dos dados: Global Precipitation Climatology Centre/NOAA; NOAA High Resolution SST/ESRL/NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.



Figura 74: Relação entre a média mensal da TSM do Oceano Pacífico e a precipitação total mensal ocorrida em Cuiabá entre 1996 até 2011. Fonte dos dados: Global Precipitation Climatology Centre/NOAA; NOAA High Resolution SST/ESRL/NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

A análise da correlação entre TSM e precipitação para Itajaí, Santa Catarina, no período de 1981 a 2011, encontrou um  $r = 0,3331$  que é significativo ao nível de significância de 5% apesar de ser considerado de fraca correlação.

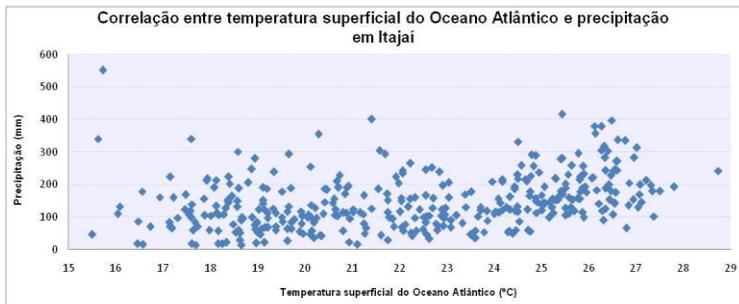


Figura 75: Correlação entre a TSM do Oceano Atlântico e a precipitação em Itajaí entre 1981 até 2011. Fonte dos dados: Global Precipitation Climatology Centre/NOAA; NOAA High Resolution SST/ESRL/NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

No caso do Município de Itajaí os valores de  $n$  e  $r$  são diferentes, o número de amostras ( $n$ ) é de 365 e o coeficiente de correlação Pearson ( $r$ ) de 0,3331. A partir do cálculo para obtenção do  $t$  de *Student* resultando em  $t = 6,73$  e conferindo com a tabela, pode-se concluir que a TSM do Oceano Atlântico interfere na quantidade de precipitação encontrada na cidade, mas sua influência é pequena e que outras características e sistemas expressam maiores relações.

Alguns fenômenos atmosféricos que atuam sobre Itajaí e, portanto, sobre a região sul do Brasil são essenciais para determinação da climatologia de temperatura e precipitação, entre eles os sistemas frontais. A trajetória do sistema frontal está relacionada à intensidade e posicionamento do jato subtropical sobre a AS. Os cavados invertidos estão situados sobre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, e se estendem até a Argentina e Paraguai, sendo mais frequentes no verão e primavera do HS, além disso, são responsáveis pelo tempo severo nas regiões que afetam com orientação do eixo na direção noroeste-sudeste (FERNANDES; SATYAMURTY, 1994).

No litoral norte de Santa Catarina e área da grande Florianópolis identificou-se um sinal de brisa terrestre e marítima com grande alcance na circulação local, ficando bem definido durante os meses mais quentes. As brisas atuam localmente e diariamente em escala espacial e temporal.

Ainda há outro tipo de circulação secundária - a circulação vale-montanha - que pode entusiasmar o regime de ventos. Essa circulação encontrada em áreas do litoral norte de Santa Catarina, os quais se originam a partir do resfriamento (ou aquecimento) do ar sobre os vales e montanhas, constituindo uma circulação semelhante à de brisa (TRUCCOLO, 2011).

Os sistemas atmosféricos são extremamente importantes para as chuvas no estado de Santa Catarina, mas consideram-se outros fatores como a sua localização geográfica, a circulação marítima, e o relevo contribuindo com a distribuição.

As figuras 76 e 77 mostram a TSM do Oceano Atlântico e a precipitação no Município de Itajaí, entre os períodos de 1981 - 1995 e 1996 - 2011, para melhor representação e outra forma de avaliar o desempenho das duas variáveis ao longo da série. A TSM do Oceano Atlântico Sul, ponto mais próximo de Itajaí, mostra uma característica ao longo de todo o ciclo, com as maiores médias mensais de temperatura entre as épocas de verão (janeiro, fevereiro e março), sendo as máximas encontradas em 2001 e 2010, ambas no mês de fevereiro, marcando 28,7°C e 27,8°C, respectivamente. Já as temperaturas mais frias durante o período de estudo foram nos meses de julho de 1983 e agosto de 2000, ambas registrando em torno de 15,6°C. É perceptível que tanto a temperatura quanto a precipitação são mais elevadas se comparadas a Copiapó e ao Oceano Pacífico. Com relação à precipitação nota-se que a mesma também possui um padrão ao longo dos anos, com exceção dos eventos extremos, com oscilação entre as estações de primavera e verão (maiores totais) e outono e inverno (menores volumes). Outros fatores são responsáveis pelas chuvas na cidade de Itajaí, já citados anteriormente, inclusive a sazonalidade.

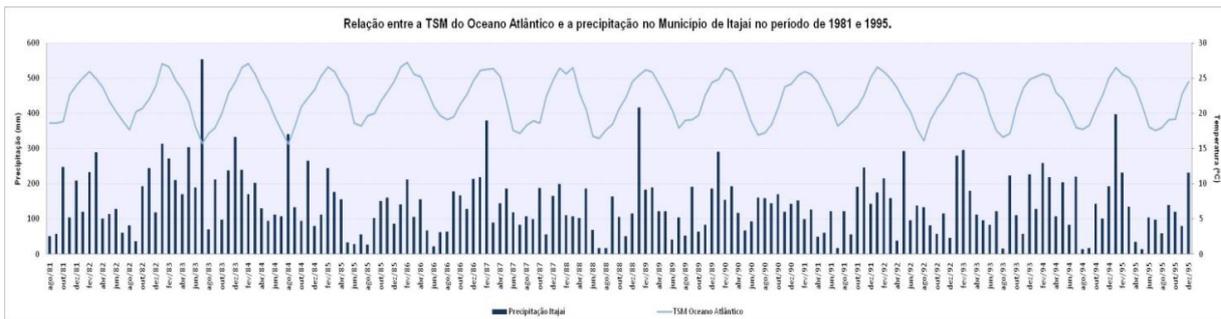


Figura 76: Relação entre a TSM do Oceano Atlântico e a precipitação em Itajaí entre 1981 até 1995. Fonte dos dados: Global Precipitation Climatology Centre/NOAA; NOAA High Resolution SST/ESRL/NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.



Figura 77: Relação entre a TSM do Oceano Atlântico e a precipitação em Itajaí entre 1996 até 2011. Fonte dos dados: Global Precipitation Climatology Centre/NOAA; NOAA High Resolution SST/ESRL/NOAA. Elaborado por: Bárbara Dutra, 2016.

## 7. CONCLUSÕES

A respeito das inundações por excessos hídricos em Itajaí e Copiapó, durante o momento abordado, nota-se que estes eventos ocorrem em períodos diferenciados para cada local. Em Itajaí a predominância dos eventos ocorreu principalmente nos meses de janeiro, se tratando das inundações bruscas, e distribuídas entre os meses de maio, julho, setembro, outubro e dezembro para as inundações graduais. Em Copiapó os casos mais relevantes em respaldo as fortes chuvas sucederam entre os meses de junho, julho e agosto, também considerado o trimestre chuvoso para a região do Atacama.

Os anos de maiores extremos de precipitação selecionados nesse estudo coincidiram nos casos de 2008 e 2011 com os totais anuais registrados superiores aos das suas respectivas normais históricas. Em 1984 para Itajaí o volume encontrado esteve acima da média anual, em Copiapó o total anual permaneceu bem próximo, com diferença de 2,2 mm. Vale ressaltar que foram os totais anuais que corresponderam dessa forma, logo, nem todos os índices mensais tiveram esta dupla ocorrência, pois, as chuvas em ambas as cidades são distribuídas em diferentes meses e épocas. Em 1983 para Itajaí as chuvas apresentaram-se acima da média, com diferença superior de 1000 mm no ano, considerando que a precipitação anual é de aproximadamente 1.800 mm. Já em 1997 as precipitações ficaram sobre o esperado em Copiapó, cerca de 80 mm.

Quanto às variabilidades de baixa frequência analisadas, como El Niño e La Niña, e as Oscilações como Antártica e Decadal do Pacífico, observou-se que as mesmas podem estar associadas e até mesmo relacionadas a semelhantes períodos de chuvas. Algumas destas variabilidades e oscilações atuam em conjunto e dependendo da sua intensidade tem efeito destrutivo sobre determinadas áreas. Dentre os períodos de estudo, determinados anos de elevados totais pluviométricos, que resultaram em inundações (bruscas ou graduais) e fortes temporais como no caso de 1983 e 1997, estão em fase positiva da Oscilação Decadal do Pacífico e em período de El Niño, ambos de intensidade muito forte, o que acaba corroborando com a literatura, que em anos de El Niño tendem a apresentar fortes chuvas, em especial tratando-se da região sul do Brasil. Outros períodos com registros superiores de precipitação encontram-se em períodos de índices neutros ou negativos do ENOS e diferentes oscilações, como 1984, 2008 e 2011, esses apontamentos e crescidos pluviométricos assinalam para diferentes configurações atmosféricas e sistemas meteorológicos. Cada caso de extremo tem sua forma diferenciada a partir dos sistemas e da sua climatologia. Outros

fatores e forçantes já citados anteriormente intervêm sobre os excessos ou déficits hídricos em ambos os locais, além da caracterização do relevo, localização geográfica e a circulação marítima.

Analisando as temperaturas superficiais dos Oceanos Atlântico e Pacífico nota-se que ambas apresentam um padrão de comportamento ao longo do ano, com os maiores registros na estação de verão, e os menores no período invernal. Durante os anos observados percebe-se que a TSM do Atlântico aponta índices superiores a TSM do Pacífico com diferenças de 5° a 8°C. As temperaturas quando próximas ocorrem preferencialmente nos meses de junho e julho.

Baseando-se nas análises estatísticas de correlação entre as temperaturas superficiais dos Oceanos Pacífico e Atlântico com as precipitações em Copiapó e Itajaí, pode-se afirmar que não estão correlacionados em Copiapó e sim em Itajaí, mas que cada período específico de evento extremo deve ser analisado separadamente, pois, a cada momento um sistema meteorológico atua sobre a região sul, alguns trazendo instabilidade e alto volume de chuva. Para Copiapó outros fatores climáticos podem caracterizar a ocorrência de precipitação, e assim, estarem correlacionados.

## **8. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Quanto as recomendações para trabalhos futuros têm-se como orientação a coleta de outras variáveis como temperatura, umidade, para obter uma caracterização climática de uma determinada localidade mais correta e dinâmica. Além disso, aprofundar os métodos estatísticos, realizando testes de diferentes maneiras e que possam estar adequadas as variáveis, e até mesmo outros programas e softwares, privando do uso (ou hábito) do Excel. A proporção da região de pesquisa também deve ser analisada, pois, para obter resultados mais adequados o uso de dados de uma bacia ou mesorregião mostrará como comportam-se as variáveis, possibilitando a definição e distinção climatológica daquele local, bem como a aceção de séries temporais e espaciais maiores, por exemplo, no trabalho tratou-se de um período de 31 anos, futuramente considerar a possibilidade de um maior número de anos, levando em conta a disponibilidade dos dados e se os mesmos possuem falhas ou não. Nessa pesquisa adotou-se 31 anos de dados e informações, logo que, a Organização Mundial de Meteorologia (OMM) sugere e considera o período de 30 anos como padrão para caracterização climatológica de um local.



## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEITUNO, P. On the functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I: Surface Climate. In: *Monthly Weather Review*. v. 116. 1988. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0493%281988%29116%3C0505%3AOTFOTS%3E2.0.CO%3B2>>. Acesso em: 28 out. 2015.

ACEITUNO, P.; MONTECINOS, A. Agosto 1997. Contribución de la Sección Meteorología: **Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile**. 1997. Disponível em: <[http://met.dgf.uchile.cl/clima/HTML/BOL\\_ANT/anterior.htm](http://met.dgf.uchile.cl/clima/HTML/BOL_ANT/anterior.htm)>. Acesso em 25 set. 2015.

ACEITUNO, P.; PRIETO.; M.R.; SOLARI.; M.E.; MARTÍNEZ.; A, POVED.; G, FALVEY.; M. The 1877-1878 El Niño episode: associated impacts in South America. In: **Climatic Change Journal**, 2008. Disponível em: <<http://dgf.uchile.cl/ACT19/COMUNICACIONES/Revistas/aceetal08.pdf>>. Acesso em: 21 jan. 2015.

ALVES, L.M. Clima da Região Centro-oeste do Brasil. In: **Tempo e Clima no Brasil**. Cavalcanti *et al.* organizadores. Oficina de Textos, São Paulo, 2009.

ALVES, J.M.B.; SOUZA.; R.O.; CAMPOS.; J.N.B. Previsão da Anomalia de Temperatura Superficial do Mar (TSM) no Atlântico Tropical, com a Equação da Difusão de Temperatura. In: **Revista Climanalise**, ano 03, n.1, 2006. Disponível em: <[http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/artigorevTSM\\_0506.pdf](http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/artigorevTSM_0506.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2014.

AMARAL, R.; RIBEIRO.; R.R. **Desastres Naturais conhecer para prevenir**. Instituto Geológico. São Paulo. 2009. p. 39-53. Disponível em: <<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/DesastresNaturais.pdf>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

AMBRIZZI, T.; MARQUES, R.; NASCIMENTO, E. **Bloqueios Atmosféricos**. In: Iracema F.A. Cavalcanti... [et al.] organizadores. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p.279 - 296.

ANDREOLI, R.V.; KAYANO, M.T. ENSO-Related Rainfall Anomalies in South America and associated circulation feature during warm and cold Pacific Decadal Oscillation regimes. In: **International Journal of Climatology**. v.25.p. 2017 - 2030. 2005. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1222/pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2017.

ARAGÃO, J.O.R. O impacto do Enso e do dipolo do Atlântico no Nordeste do Brasil. In: **Bull. Inst. Fr. Études andines**. v 27 (3), p. 839 – 844. 1998. Disponível em: <[www.ifeanet.org/publicaciones/boletines/27\(3\)/839.pdf](http://www.ifeanet.org/publicaciones/boletines/27(3)/839.pdf)>. Acesso em: 13 dez. 2014.

ARAÚJO, S. 2012 *apud* BEDIN, F. A. Ecologia da Paisagem como Subsídio para Implantação do Parque Municipal da Ressacada - Itajaí, SC. **Dissertação de Mestrado**. Itajaí. Universidade do Vale do Itajaí, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar, 2013.

AVADAN FEVEREIRO. Avaliação de Danos. **Sistema Integrado de Informação sobre Desastres**. 2008. Disponível em: <<http://150.162.127.14:8080/dados/SC-A-4208203-12200-20080220.pdf>>. Acesso 25 out. 2015.

AVADAN JANEIRO. Avaliação de Danos. **Sistema Integrado de Informação sobre Desastres**. 2008. Disponível em: <<http://150.162.127.14:8080/dados/SC-A-4208203-12200-20080131.pdf>>. Acesso 25 out. 2015.

AVADAN NOVEMBRO. Avaliação de Danos. **Sistema Integrado de Informação sobre Desastres**. 2008. Disponível em: <<http://150.162.127.14:8080/dados/SC-A-4208203-12200-20081123.pdf>>. Acesso 25 out. 2015.

AVARIA, C.C.; DONOSO, A.Z.; BARRIENTOS, C.P. Geomorfología y geopatrimonio del Mar de Dunas de Atacama, Copiapó (27° S), Chile. In: **Revista de Geografía Norte Grande**, n. 53, p. 123-136. 2012.

Disponível em: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34022012000300008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34022012000300008&script=sci_arttext)>. Acesso em: 23 jan. 2015.

BASTOS, C.C.; FERREIRA, N.J. Análise Climatológica da Alta Subtropical do Atlântico Sul. In: **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2000, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-9aa4d9a24f61ccc12555eb0ff9784ced.pdf>>. Acesso em: 14 jun. 2015.

BITTENCOURT, S.P.; QUADRO, M.F.L.; CALBETE, N.O. Análise de dois casos de ressaca no litoral da região sul no verão de 2002. In: **XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2002, Foz de Iguaçu, Paraná. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/11-715a6441e0cb6a535e0748c78c0c742b.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

BOLETIM CLIMANÁLISE AGOSTO, 2011. Boletim de monitoramento e análise climático. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. v.26. n.8. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index0811.shtml>>. Acesso em: 15 set. 2015.

BOLETIM CLIMANÁLISE JANEIRO, 1997. Boletim de monitoramento e análise climático: A precipitação. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. v.12. n.01. Disponível em: <[http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/0197/prec\\_sul.html](http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/0197/prec_sul.html)>. Acesso em: 15 set. 2015.

BOLETIM CLIMANÁLISE NOVEMBRO, 2008. Boletim de monitoramento e análise climática. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. v.23. n.11. 2008. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/pdf/pdf08/nov08.pdf>>. Acesso em: 15 set. 2015.

BOLETIM CLIMANÁLISE SETEMBRO, 2011. Boletim de monitoramento e análise climática. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. v.26. n.09. 2011. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/index0911.shtml>>. Acesso em: 16 set. 2015.

BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA JUNHO, 1997. Boletim Climático. **Departamento de Geofísica de la**

**Universidad de Chile.** n.6. a.3.1997. Disponível em:  
<[http://met.dgf.uchile.cl/clima/HTML/BOL\\_ANT/anterior.htm](http://met.dgf.uchile.cl/clima/HTML/BOL_ANT/anterior.htm)>.  
Acesso em: 20 set. 2015.

BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA  
JULHO, 2008. Boletim Climático. **Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile.** Disponível em:  
<[http://met.dgf.uchile.cl/clima/HTML/BOL\\_ANT/anterior.htm](http://met.dgf.uchile.cl/clima/HTML/BOL_ANT/anterior.htm)>.  
Acesso em: 01 out. 2015.

BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA  
JULHO, 2011. Boletim Climático. **Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile.** Disponível em:  
<[http://met.dgf.uchile.cl/clima/HTML/BOL\\_ANT/anterior.htm](http://met.dgf.uchile.cl/clima/HTML/BOL_ANT/anterior.htm)>.  
Acesso em: 01 out. 2015.

BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA  
NOVEMBRO, 2008. Boletim Climático. **Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile.** Disponível em:  
<[http://met.dgf.uchile.cl/clima/HTML/BOL\\_ANT/anterior.htm](http://met.dgf.uchile.cl/clima/HTML/BOL_ANT/anterior.htm)>.  
Acesso em: 01 out. 2015.

BOLETIM CLIMÁTICO DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA  
SETEMBRO, 2011. Boletim Climático. **Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile.** Disponível em: <  
[http://met.dgf.uchile.cl/clima/HTML/BOL\\_ANT/anterior.htm](http://met.dgf.uchile.cl/clima/HTML/BOL_ANT/anterior.htm) >. Acesso  
em: 01 out. 2015.

BORGES, S.F Aspectos geológicos da Armação do Itapocoroy, Penha, SC. In: **Bases ecológicas para um desenvolvimento sustentável. Estudos de caso em Penha, SC.** Penha. 2006.p. 29-36. Disponível em:  
<<http://www.avesmarinhas.com.br/bases%20ecologicas-cap%C3%ADtulo%202.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2014.

CARMONA, J.P.; FONTANNAZ, C.C. Eventos meteorológicos severos ocurridos en Chile Continental: Descripción y patrones sinópticos tipos asociados. **Dirección Meteorológica de Chile.** 2006. Disponível em: <  
[http://164.77.222.61/climatologia/publicaciones/Eventos\\_extremos.pdf](http://164.77.222.61/climatologia/publicaciones/Eventos_extremos.pdf)>  
. Acesso em: 30 out. 2015.

CARVALHO, L.M.V.; JONES, C. Zona de Convergência do Atlântico Sul. In: **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009, p. 95 – 109.

CARVALHO, L.M.V.; JONES, C.; AMRIZZI, T. Opposite phases of the Antarctic oscillation and relationships with intraseasonal to interannual activity in the tropics during the austral summer. **Journal of Climate**, v.18, n.5, 2005.p .702-718.

CASARIN, D.P.; KOUSKY, V.E. Um estudo observacional sobre os sistemas de bloqueio no Hemisfério Sul. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 1982, Pelotas. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/16-1f896ec2feb18c840a7179312ff01b55.pdf>>. Acesso em: 25 out. 2015.

CASTRO, A.L.C. 2003. **Manual de desastres**. Brasília: Ministério de Integração Nacional. V.1. 174p.

CASTRO, B.M. *et al.* Estrutura termohalina e circulação na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). In: Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B.; Madureira, L.S.P org. **O ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na região Sudeste-sul do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006, p.11 - 120.

CASTRO, N.A. *et al.* Quadro geológico regional da porção central do embasamento pré-ordoviciano de Santa Catarina com base em imagens ladsant-5/tm e aerogeofísicas. **Revista Brasileira de Geologia**. Volume 33. 2003. p 161-172.

CAVALCANTI, I.F.A.; ROWNTREE, P. A Zona de Convergência do Atlântico Sul no Modelo Climático do Hadley Centre. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 1982, 64 pp, Pelotas. Disponível em: <[http://mtc-m15.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/06.07.16.10/doc/Cavalcanti\\_A%20zona%20de%20convergencia%20do%20Atlantico%20Sul%20.pdf](http://mtc-m15.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004/06.07.16.10/doc/Cavalcanti_A%20zona%20de%20convergencia%20do%20Atlantico%20Sul%20.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2015.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS. El Niño. Disponível em: <[http://enos.cptec.inpe.br/saiba/Oque\\_el-nino.shtml/](http://enos.cptec.inpe.br/saiba/Oque_el-nino.shtml/)>. Acesso em: 04 jan. 2017.

CIRANO, M.; MATA, M.M.; CAMPOS, E.J.D.; DEIRÓ, N.F.R. A circulação oceânica de larga-escala na região oeste do Atlântico Sul com base no modelo de circulação global OCCAM. In: **Revista Brasileira de Geofísica**. 2006. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbg/v24n2/a05v24n2.pdf>>. Acesso em: ago. 2015.

CLIMATE-DATA. **Clima: Itajaí**. Disponível em: < <http://pt.climate-data.org/location/3/>>. Acesso em: 25 de out. 2016.

DECLARACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL. **Plano Nacional de Desarrollo Urbano. Región Atacama**. Disponível em:

<[http://www.minvu.cl/incjs/download.aspx?glb\\_cod\\_nodo=20070427121107&hdd\\_nom\\_archivo=03.pdf](http://www.minvu.cl/incjs/download.aspx?glb_cod_nodo=20070427121107&hdd_nom_archivo=03.pdf)>. Acesso em: 07 jun. 2015.

DEFESA CIVIL DE SÃO BERNARDO DO CAMPO. **Enchente, Inundação, Alagamento ou Enxurrada?** São Paulo. 2011. Disponível em: <<http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011/06/enchente-inundacao-ou-alagamento.html>>. Acesso em: 10 abr. 2015.

DIARIO ATACAMA. **Atacama enfrentaría cuatro episodios de precipitaciones**. 2008. Disponível em:

<[http://www.diarioatacama.cl/prontus4\\_not/site/artic/20080622/pags/20080622001538.html#arriba](http://www.diarioatacama.cl/prontus4_not/site/artic/20080622/pags/20080622001538.html#arriba)>. Acesso em: 10 abr. 2015.

DIARIO CHAÑARCILLO. **Dos albergados y cuatro familias damnificadas por lluvias en Atacama**. 2008. Disponível em:

<[http://www.chanarcillo.cl/articulos\\_ver\\_anterior.php?id=3621&prox=>](http://www.chanarcillo.cl/articulos_ver_anterior.php?id=3621&prox=>)>. Acesso em: 01 mai. 2015.

DIARIO CHAÑARCILLO. **Informe final: 10.671 personas afectadas**

por las precipitaciones en Atacama. **2011**. Disponível em: <[http://www.chanarcillo.cl/articulos\\_ver.php?id=44230](http://www.chanarcillo.cl/articulos_ver.php?id=44230)>. Acesso em: 03 mai. 2015.

DIARIO LA TERCERA. **Inusual frente de nieve y lluvia afectó a Región de Atacama**. 2011. Disponível em: <

<<http://diario.latercera.com/2011/08/01/01/contenido/pais/31-78552-9-inusual-frente-de-nieve-y-lluvia-afecto-a-region-de-atacama.shtml>>. Acesso em: 01 mai. 2015.

DIAS, M.A.F.S. As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina: um estudo de caso visando à melhoria do monitoramento e da previsão de eventos extremos. **Nota técnica**. 2009. Disponível em: [http://www.ciram.com.br/ciram\\_arquivos/arquivos/gtc/downloads/Nota\\_Tecnica\\_SC.pdf](http://www.ciram.com.br/ciram_arquivos/arquivos/gtc/downloads/Nota_Tecnica_SC.pdf). Acesso em: fev. 2015.

DIAS, M.A.F.S.; ROZANTE, D.J.; MACHADO, L.A.T. Complexos Convectivos de Mesoescala. In: **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009, p.181 – 194.

DIAZ, A.F.; STUDZINSKI, C.D.; MERCHOSO, C.R. Relationships between Precipitation Anomalies in Uruguay and Southern Brazil and Sea Surface Temperature in the Pacific and Atlantic Oceans. In: **American Meteorological Society**. 1998. Disponível em: [http://people.atmos.ucla.edu/mechoso/Mechoso's%20Papers/1998/Relationships%20between%20Precipitation%20Anomalies%20\(98-10\).pdf](http://people.atmos.ucla.edu/mechoso/Mechoso's%20Papers/1998/Relationships%20between%20Precipitation%20Anomalies%20(98-10).pdf). Acesso em: 20 out. 2015.

DIRECCIÓN GENERAL DE ÁGUAS. **Pronóstico de Disponibilidad de Agua Temporada de Riego 2011-2012**. 2011. Disponível em: [http://www.dga.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Pronostico%20de%20Disponibilidad%20de%20Aguas/Pronostico\\_2011-2012-09.pdf](http://www.dga.cl/productosyservicios/informacionhidrologica/Pronostico%20de%20Disponibilidad%20de%20Aguas/Pronostico_2011-2012-09.pdf). Acesso em: 01 nov. 2015.

ESCOBAR, G. Jatos de altos níveis. In: CAVALCANTI, I.F.A (Org.) *et al.* **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos. p.127- 134. 2009.

ESCOBAR, F.; ACEITUNO, P. Influencia del fenómeno ENSO sobre la precipitación nival en el sector Andino de Chile Central durante el invierno. In: **Bulletin de Institut Français d'Études Andines**. v.27. p. 753 – 759. 1998. Disponível em: <http://documentos.dga.cl/MET1074.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2015.

FERNANDES, K.A.; SATYAMURTY, P., 1994. Cavados invertidos na região central da América do Sul. In: **VIII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, p.93-94, 1994, Belo Horizonte, Minas Gerais.

FERREIRA, A.G.; MELLO, N.G.S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. In: **Revista Brasileira de**

**Climatologia**, v. 1, n. 1, 2005. Disponível em:  
<<http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/revistaabclima/article/viewFile/25215/16909>>. Acesso em: 04 fev. 2015.

FERREIRA, N.J.; RAMÍREZ, M.V.; GAN, M.A. Vortes ciclônicos de altos níveis que atuam na vizinhança do Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A (Org.) *et al.* **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos. p. 43-60. 2009.

FRANK, B. **Uma abordagem para o gerenciamento ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Itajaí, com ênfase no problema das enchentes**. 1995. 345 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1995.

GAN, M.A.; SELUCHI, M.E. Ciclones e ciclogênese. In: CAVALCANTI, I.F.A (Org.) *et al.* **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficinas de texto, 2009, p. 111 – 125.

GAN, M.A.; KOUSKY, V.E. Um estudo observacional sobre as baixas frias da alta troposfera nas latitudes subtropicais do Atlântico Sul e leste do Brasil. **Dissertação de Mestrado**: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). São José dos Campos. São Paulo. 1982.

GARREAUD, R.D.; FUENZALIDA, H.A. The Influence of the Andes on Cut off Lows: A Modeling Study. In: **Moanthy Weather Review**. v.135. p. 1596 – 1613. 2007. Disponível em: <[http://dgf.uchile.cl/rene/PUBS/COLAndes\\_MWR.pdf](http://dgf.uchile.cl/rene/PUBS/COLAndes_MWR.pdf)>. Acesso em: 20 jan. 2016.

GEO COPIAPÓ. Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: Geo Copiapó. **Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente**. 2007. Disponível em: <<http://www.pnuma.org/deat1/pdf/2009%20-%20GEO%20Copiapo.pdf>>. Acesso em: 30 de abr. 2015.

GILLET, N.P.; KELL, T.D.; JONES, P.D. Regional climate impacts of the Southern Annular Mode. In: **Geophysical Research Letters**. v. 33. 2006.

GODOY, A.A.; CAMPETELLA, C.M.; POSSIA, N.E. Un caso de baja segregada em niveles altos em el sur de Sudamérica: descripción del

ciclo de vida y su relación com la precipitación. In: **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.23, n.3. p. 491-502. 2011.

GRIMM, A, M. Teleconexões e o papel das circulações em vários níveis no impacto de El Niño sobre o Brasil na primavera. In: **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2000, Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-3c0e638b81af893c9727801e519746f5.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2015.

GRIMM, A.M.; TEDESCHI, R.G. Influencia de eventos de El Niño e La Niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação no Brasil. In: **XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2004, Fortaleza. Disponível em:< <http://www.cbmet.com/cbm-files/22-702bab1b72218e177bbfe1ab21827a5e.doc>>. Acesso em: 02 mar. 2015.

GUTMAN, G.J.;SCHWERDTFEGER, W. 1965 *apud* GUSMÃO, A.M. **Alta da Bolívia**. Disponível em: <<http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/17.html>>. Acesso em: 13 jun. 2015.

HERRMANN, M.L.P. Levantamento dos Desastres Naturais Causados pelas Adversidades Climáticas no Estado de Santa Catarina - Período 1980 a 2000. **IOESC**, Florianópolis. P. 15 – 16. 2001.

HERRMANN, M.L.P. Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina: Período de 1980 a 2010. **Instituto Histórico e Geográfico de Santa Catarina - IHGSC**. Florianópolis. 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. 2010. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=420820>>. Acesso em: 06 nov. 2014.

ITO, E.R.K.; AMBRIZZI, T. Climatologia da posição da Alta Subtropical do Atlântico Sul para os meses de inverno. In: **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, p. 860 - 865, 2000, Rio de Janeiro. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/12-aafbc30497d15bc6e14dba837028f49a.pdf>. Acesso em: ago. 2015.

INZUNZA, J. Climatología. Departamento de Geofísica, Universidad de Concepción. 2002. Disponível em:

<<http://old.dgeo.udec.cl/~juaninzunza/docencia/biofisica/unidad5.pdf>>. Acesso em: 30 jun. 2015.

JESUS, E.M. Simulações climáticas regionais para o CORDEX sobre a América do Sul e impactos das frentes frias na climatologia simulada. **Dissertação de Mestrado**: Universidade de São Paulo. São Paulo. 2014. Disponível em: [http://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/d\\_eduardo\\_m\\_jesus\\_corrige\\_da.pdf](http://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/d_eduardo_m_jesus_corrige_da.pdf). Acesso em: ago. 2015.

JONES, C.; HOREL, J.D. A circulação da Alta da Bolívia e a atividade convectiva sobre a América do Sul. In: **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.5.p.379-387.1990.

SISTEMA FRONTAL Y NÚCLEO FRÍO. Produção de Cristóbal Juliá. **Centro de Estudios Avanzados en Chile**. Chile. 2015. Vídeo online (3:23 min). Espanhol.

JULIÁ, C.; MONTECINOS, S.; MALDONADO, A. Características Climáticas de la Región de Atacama. **Libro Rojo de La Flora Nativa y de los Sitios Prioritários para su Conservación: Región de Atacama**. Ediciones Universidad de La Serena, La Serena. v. 03, p.25-42. 2008.

JUNIOR, C.M.; COLTRI, P.P.; SOARES, S.C. **Características da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e suas possíveis influências na Agricultura**. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br/noticias/noticia/8995>>. Acesso em: 09 jun. 2015.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. **Relation of South American summer rainfall interannual variations with the Pacific Decadal Oscillation**. Int. J. Climatology, vol.27, n.4, 2007. P.531-540.

KODAMA, Y. Large-scale Common Features of Subtropical Precipitation Zones (The Baiu Frontal, the SPCZ, and the SACZ). Part I: Characteristics of Subtropical Frontal Zones. In: **Journal Of the Meteorological Society of Japan**. v.70, n.4, p.813-835, 1992. Disponível em: <[https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmsj1965/70/4/70\\_4\\_813/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmsj1965/70/4/70_4_813/_pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2015.

KRAUS, H.; MALCHER, J.; SCHALLER, E. A Nocturnal low level jet during puukk. **Boundary-Layer Meteorology**. p.187-195. 1985.

LLOPART, M. **Sistemas meteorológicos atuantes na América do Sul**. Disponível em:

<http://www.dca.iag.usp.br/www/material/cfmraupp/Climatologia-1/SistemasMetAtuantesNaASul.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2015.

MANTUÁ, N.J.; HARE, S.R.; ZHANG, Y.; WALLACE, JA.; FRANCSI, R.C. A Pacific interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production. In: **Bulletin of the American Meteorological Society**. v.78, n.6. 1997. Disponível em: <<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0477%281997%29078%3C1069%3AAPICOW%3E2.0.CO%3B2>>. Acesso em: 07 nov. 2014.

MARENGO, J.A. Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil. In: **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. 2012. Disponível em: <<http://fbds.org.br/fbds/IMG/pdf/doc-504.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2014.

MELO, A.B.C. *et al.* A zona de convergência intertropical sobre o Oceano Atlântico: Climatologia. In: **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2002, Foz de Iguaçu, Paraná. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/11-ca2ceab51d628883e4192023675150e6.pdf>>. Acesso em 06 jan. 2017.

MENDES, M.C.D.; CAVALCANTI, I.F.A. **Influência da Oscilação Antártica sobre os bloqueios atmosféricos e perspectivas para os cenários futuros**. 2011. Disponível em: <<http://mtc-m19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19/2011/11.17.13.31/doc/Dami%e3o;Cavalcanti%20-%20Influencia%20da%20oscila%e7a%f5%20antartica.PDF?languagebu tton=pt-BR>>. Acesso em: 25 fev. 2015.

MENDES, C.L.T.; SOARES-GOMES, A. **CIRCULAÇÃO NOS OCEANOS: CORRENTES OCEÂNICAS E MASSAS D'ÁGUA**. Departamento de Biologia Marinha. Universidade Federal Fluminense. 2007. Disponível em: <<http://www.uff.br/ecosed/Correntes.pdf>>. Acesso em: 25 mai. 2015.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I.M. Circulação e Dinâmica Atmosférica. **Climatologia noções básicas e climas do Brasil**. p. 82-112. São Paulo: Oficina de Textos. 2009.

MENDONÇA, M.; ROMERO, H. Ondas de frio, índices de oscilação e impactos socioambientais das variabilidades climáticas de baixa frequência na América do Sul. **ACTA Geográfica**, Boa Vista. Edição Especial Climatologia Geográfica. p. 185-203. 2012.

MINISTERIO DEL INTERIOR Y SEGURIDAD PUBLICA.

Disponível em: <<http://www.onemi.cl/wp-content/uploads/2014/05/ALUVIONES.pdf>>. Acesso em: 20 mai. 2015.

MOLION, L.C.B. Aquecimento Global, El Niño, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. **Revista Climanálise**. Ano. 03, n.01. 2005. Disponível em: <[http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/Artigo\\_Aquecimento\\_0805.pdf](http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/revista/pdf/Artigo_Aquecimento_0805.pdf)>. Acesso em: 13 jan. 2015.

MOLION, L.C.B.; BERNARDO, S.O.; OLIVEIRA, C.P. Variabilidade da circulação de grande escala sobre o Atlântico Subtropical. In: **XII Congresso Brasileiro e Meteorologia**, 2004, Fortaleza. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/22-a31cc0e8c258213a8df5799da485c39e.doc>>. Acesso em: 20 mar. 2015.

MONTECINOS, A. Generación de modelos climáticos para el pronóstico de la ocurrencia del Fenómeno El Niño. Boletín Técnico. Instituto Geofísico del Perú. 2015. Disponível em: <[http://www.met.igp.gob.pe/publicaciones/Divulgacion\\_PPR\\_El\\_Nino\\_IGP\\_201501.pdf](http://www.met.igp.gob.pe/publicaciones/Divulgacion_PPR_El_Nino_IGP_201501.pdf)>. Acesso em: 14 fev. 2016.

MONTEIRO, M.A. **Dinâmica atmosférica e a caracterização dos tipos de tempo na Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá**. 2007. 223 p. Tese de Doutorado em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. 2007.

MONTEIRO, M.A.; FURTADO, S.M.A. O clima do trecho Florianópolis - Porto Alegre: uma abordagem dinâmica. **Revista Geosul**. n. 12, ano X, 1995.

MORÁN, W.C. **La atmosfera y la Hidrologia**. 1989. Disponível em: <[http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/28689/hidrologia\\_cap01.pdf?sequence=7](http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/28689/hidrologia_cap01.pdf?sequence=7)>. Acesso em 05 abr.2017.

MOURA, A.D.; SHUKLA, J. On the Dynamics of Droughts in Northeast Brazil: Observations, Theory and Numerical Experiments with a General Circulation Model. **American Meteorological Society**. v.38. p. 2653 - 2675. 1981.

NIMER, E. 1989. **Climatologia do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: Ed. IBGE, 419p.

NUNES, L.H. O papel da mídia na difusão da informação climática: o El Niño de 1997-98. 2007. **GEOGRAFIA**, Rio Claro, v.32, n.1, p.29-50.

OLIVEIRA, G.S.; SATYAMURTY, P. O EL NIÑO DE 1997/98: EVOLUÇÃO E IMPACTOS NO BRASIL. In: **X Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Brasília, 1998.

OJEDA, A.O. Crecidas e inundaciones como riesgo hidrológico - Un planteamiento didáctico. In: **Lurral de Investigacion y espacio**. 1997. p 261 - 284. Disponível em: <<http://www.ingeba.org/lurralde/lurranet/lur20/200oller/ollero20.htm>>. Acesso em: 10 mai. 2015.

OLIVA, F.G. Relações entre o índice de oscilação antártica e as vazões na bacia hidrográfica do Rio Uruguai, Região Sul do Brasil. **Dissertação de Mestrado**. 2011. Disponível em: <<http://www.meteorologia.ufrj.br/pos/dissertacoes-e-teses/Oliva-Mestrado-PPGM-IGEO-CCMN-UFRJ-2011.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2015.

ORTLIEB, L. Eventos El Niño y episodios lluviosos en el desierto de Atacama: el registro de los últimos dos siglos. In: **Bulletin de Institut Français d'Études Andines**. v. 24. p. 519 – 537. 1995.

PENNA, B.R.; PIVA, E.D. Análise dos diferentes métodos para a identificação de bloqueios atmosféricos no sudeste da América do Sul. In: **IV Encontro Sul-Brasileiro de Meteorologia**. Pelotas, Rio Grande do Sul. 2011. Disponível em:

<[http://wp.ufpel.edu.br/meteoro/files/2011/05/brunna\\_romero\\_penna\\_1.pdf](http://wp.ufpel.edu.br/meteoro/files/2011/05/brunna_romero_penna_1.pdf)>. Acesso em: 20 mai. 2015.

PETERSON, R.G.; STRAMMA, L. Upper-level circulation in the South Atlantic Ocean. **Prog. Oceanog.** v. 26, pp. 1 - 73. 1991. Disponível em: <[ftp://netuno.io.usp.br/lado/papers/peterson\\_stramma\\_1991.pdf](ftp://netuno.io.usp.br/lado/papers/peterson_stramma_1991.pdf)>. Acesso em: 05 jan. 2017.

PEZZI, L.P.; SOUZA, E.B. O uso da temperatura da superfície do mar em estudos climáticos. **Oceanografia por Satélites**. v.2. p. 131-132. Editora Oficina de Textos. São Paulo, 2008.

PMI - PREFEITURA MUNICIPAL DE ITAJAÍ. Conheça Itajaí. Disponível em: <[http://www.visiteitajai.com.br/conheca\\_acidade.php#infos](http://www.visiteitajai.com.br/conheca_acidade.php#infos)>. Acesso em: 25 out. 2016.

PORTO DE ITAJAÍ. Disponível em: <<http://www.itajai.sc.gov.br/c/acidade#.VXm6kPIViko>>. Acesso em: 12 mar. 2015.

QUINTANA, J. M.; ACEITUNO, P. **Changes in the rainfall regime along the extratropical west coasts of South America (Chile):30-43°S**. v.25. p. 1- 22. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.org.mx/pdf/atm/v25n1/v25n1a1.pdf>>. Acesso em: 03 dez. 2014.

REBELLO, E.R.G.; SILVA, J.F.; SILVA, V.B.S. Anomalias Climáticas e seus impactos no Brasil durante o evento “El Niño” de 1982-83 e previsão para o evento “El Niño” de 1997-98. In: **X Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Brasília, 1998.

REBOITA, M.S.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R.P. Relationship between the southern annular mode and Southern hemisphere atmospheric systems. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.24.n.1, p. 48 – 55. 2009.

REBOITA, M.S.; GAN, M.A.; ROCHA, R.P.; AMBRIZZI, T. Regimes de Precipitação na América do Sul: Uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.23, n.2, p.185-204, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v25n2/a04v25n2>>. Acesso em: 10 fev. 2015.

REYNOLDS, R.W. *et al.* Daily High-Resolution-Blended Analyses for Sea Surface Temperature. **Journal of Climate**. v.20, p. 5473 - 5496, 2007.

RIVERA, E.B. Recordando. **Diario Atacama**.2007. Disponível em: <[http://www.diarioatacama.cl/prontus4\\_notas/site/artic/20070616/pags/20070616223132.html](http://www.diarioatacama.cl/prontus4_notas/site/artic/20070616/pags/20070616223132.html)>. Acesso em: 05 mai. 2015.

ROJAS, P.M.; LANDAETA, M.F.; ULLOA, R. Eggs and larvae of anchoveta *Engraulisringens* off northern Chile during the 1997-1998 El Niño event - Huevos y larvas de la anchoveta *Engraulisringens* en el norte de Chile durante el evento El Niño 1997-1998. **Revista de Biología Marina y Oceanografía**. v.46, p.405-419.2011. Disponível em: <<http://www.scielo.cl/pdf/revbiolmar/v46n3/art10.pdf>>. Acesso em: 24 jan. 2015.

ROJAS, O.; MARDONES, M.; ARUMÍ, J.L.; AGUAYO, M. Uma revisão de inundações fluviais em Chile, período 1574-2012: causas, recorrência e efeitos geográficos<sup>1</sup>. **Revista de Geografía Norte Grande**. v.57, p. 177 – 192. 2014.

ROMERO, H.A.; MENDONÇA, M. Ondas de Frio registradas em inverno de 2010: Necessidade de uma perspectiva regional integrada para a Climatologia latinoamericana. **Revista Geográfica de América Central**. p.1 -13, 2011. Disponível em: <<http://www.captura.uchile.cl/bitstream/handle/2250/14684/RomeroOndasdeFrio.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 10 dez. 2014.

ROMERO, H.; SMITH, P.; MENDONÇA, M.; MÉNDEZ, M. Macro y mesoclimas del altiplano andino y desierto de Atacama: desafíos y estrategias de adaptación social ante su variabilidad. **Revista de Geografía Norte Grande**. p. 19-41. n. 55. 2013.

SALA DE HISTORIA. Climas de Chile. **Geografías de Chile**. Disponível em: < <http://www.saladehistoria.com/geo/Cont/C013.htm>>. Acesso em: 06 jan. 2017.

SALDANHA, C.B. *et al.* Comparação dos dados de precipitação gerados pelo GPCP VS observados para o estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.30, n.4, p. 415 - 422. 2015.

SALINGER, M.J.; RENWICK J.A.; MULLAN, A.B. Variations in the South Pacific Convergence Zone and Influences on South Pacific Climate. **National Institute of Water and Atmospheric Research (NIWA)**. New Zealand. Disponível em: <<https://ams.confex.com/ams/pdfpapers/59109.pdf>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

SANTOS, I.A.; FRANCO, N.J.N. **Uso do índice mensal da Oscilação Antártica para avaliação de algumas interações com a circulação troposférica na América do Sul e oceanos próximos**. Disponível em: <[http://cbmet2010.web437.uni5.net/anais/artigos/285\\_61185.pdf](http://cbmet2010.web437.uni5.net/anais/artigos/285_61185.pdf)>. Acesso em: 10 mar. 2015.

SATYAMURTY, P. *et al.*, 1998 apud WAINER, I.; TASCHETTO, A.S. Climatologia na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). Diagnósticos para os períodos relativos aos levantamentos do Programa REVIZEE. **O ambiente oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na região sudeste-sul do Brasil**. p. 112. Editora da Universidade de São Paulo, São Paulo. 2006.

SCHNEIDER, U. *et al.* GPCC's new land surface precipitation climatology based on quality-controlled in situ data and its role in quantifying the global water cycle. **Theoretical and Applied Climatology**. v.115, p.15 - 40, 2014.

SELUCHI.; M.E. BEU, C.; ANDRADE, K.M. Características das Frentes Frias Causadoras de Chuvas Intensas no Leste de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.32, n.1, p.25-37. 2017. Disponível em:< <http://www.scielo.br/pdf/rbmet/v32n1/0102-7786-rbmet-32-01-0025.pdf>>. Acesso em 15 abr. 2017.

SELUCHI, M.E.; GARREAUD, R.D.; NORTE, F.A.; SAULO, A.C. Influência da Cordilheira dos Andes sobre os sistemas frontais a América do Sul: estudo de caso utilizando o modelo regional ETA/CPTEC. In: **XII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2004, Fortaleza, Ceará.

SILVA, G.A.M. **Introdução a variabilidade de baixa frequência e teleconexões**. Departamento de Ciências Atmosféricas (IAG/USP). Disponível em:

[http://www.dca.iag.usp.br/www/material/ambrizzi/clima1/clim1\\_variabilidade\\_de\\_baixa\\_frequencia.pdf](http://www.dca.iag.usp.br/www/material/ambrizzi/clima1/clim1_variabilidade_de_baixa_frequencia.pdf). Acesso em 06 mai. 2015.

SILVA, G.A.M.; AMBRIZZI, T. Oscilação Decadal do Pacífico e Eventos Extremos de ENOS durante as estações de Primavera e Verão Austral. In: **XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2006, Florianópolis. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/14-0328c1d45067ba600e039a2778411782.pdf>>. Acesso em: 05 nov. 2014.

SILVA, H.S.; DIAS, P.L.S.; SEVERO, D. Análises preliminares do evento de cheia no Vale do Itajaí (SC) em agosto de 84. In: **IV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 1998, Brasília. Disponível em: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/13-18f64eae6236491e84bad7d681c012.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2015.

SILVEIRA, I.C.A. *et al.* A Corrente do Brasil ao Largo da Costa Leste Brasileira. **Revista Brasileira de Oceanografia**. v.48, p. 171 - 183, 2000. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rbo/article/viewFile/6868/8337>>. Acesso em: 17 fev. 2016.

SOPPA, M.A.; GHERARDI, D.F.M.; SOUZA, R.B.; PEZZI, L.P. Variabilidade temporal da temperatura superficial do mar e vento estimados por satélites e reanálises em áreas de recife de coral no Brasil. In: **XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. p. 4715 - 4722, 2007, Florianópolis.

SOUZA, R.B.; LORENZZETTI, J.A.; LUCCA, E.V.D. Estimativas da temperatura da superfície do mar através do sensoriamento remoto no infravermelho. **Oceanografia por Satélites**. v.2. p.115. Editora: Oficina de Textos, São Paulo, 2008.

STRAMMA, L. Geostrophic transport of the South Equatorial Current in the Atlantic. **Journal of Marine Research**.v.49, n.2, 1991.

STRECK, N.A.; BURIOL, G.A.; HELDWEIN, A.B. *et al.* Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v.44, n.12, p.1553-1561, 2009.

SVERDRUP, H.U.; JOHNSON, M.W.; FLEMING, R. H. **The Oceans: their physics, chemistry and general biology**. Englewood Cliffs, Prentice Hall Inc. 1087 p. 1942.

TERACINES, E.B. Impactos econômicos do El Niño 97/98 na produção agrícola brasileira. In: **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2000, Rio de Janeiro. Disponível: <<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-f7ed5d4db4f4e0d8bbe8d2c00c764726.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2015.

THIEL, M.; MACAYA, E.C.; ACUÑA, E. et al. The Humboldt Current System of Northern and Central Chile. **Oceanography and Marine Biology**. 2007. Disponível em: <[http://www.ieb-chile.cl/uploads/publicaciones/-1\\_Thiel\\_etal\\_2007\\_Ocean\\_Marin\\_Biol\\_AnuarRew.pdf](http://www.ieb-chile.cl/uploads/publicaciones/-1_Thiel_etal_2007_Ocean_Marin_Biol_AnuarRew.pdf)>. Acesso em: ago. 2015.

THOMPSON, D.W.J.; WALLACE, J.M. Annular Modes in the Extratropical Circulation. 2000. Part I: Month-to-Month variability. **Journal of Climate**. v.13. p.1000-1016.

TRUCCOLO, E.C. Estudo do comportamento do vento no litoral centro-norte de Santa Catarina. **Revista Brasileira de Meteorologia**. v.26. n.3. p 451-460. 2011.

UMPIÉRREZ, O. **Análisis de impactos hidrológicos del "El Niño - Compilación, Estudios e Investigación**. Disponível em: <[http://dgsatel.mop.cl/ar3/docs/Venezuela/CC\\_IMPACTOS-EL%20NI%C3%91O-ARIII.pdf](http://dgsatel.mop.cl/ar3/docs/Venezuela/CC_IMPACTOS-EL%20NI%C3%91O-ARIII.pdf)>. Acesso em: 10 fev. 2015.

UVO, C.R.B. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da região norte do nordeste brasileiro. **Dissertação de Mestrado em Meteorologia**. 99 p. Instituto de Pesquisas Espaciais. 1989.

VAREJÃO-SILVA, M.A. Meteorologia e Climatologia. 2006.

VEIGA, J.A.P.; MENDES, D.; YOSHIDA, M.C. O impacto das anomalias de TSM do Oceano Pacífico Tropical Sul sobre o padrão de precipitação na Amazônia. In: **XI Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2000, Rio de Janeiro. Disponível em:

<<http://www.cbmet.com/cbm-files/12-de23d8f55e2968f2a07060ede24f45ee.pdf>>. Acesso em: 01 mar. 2015.

VERA, C.S.; VIGLIAROLO, P.K.; BERBERY, E.H. Cold Season Synoptic-Scale waves over Sutropical South America. **Monthly Weather Review**. 2002. v.130. p. 684 - 699. Disponível em:<[http://circulaciongeneral.at.fcen.uba.ar/material/Vera-et-al\\_2002.pdf](http://circulaciongeneral.at.fcen.uba.ar/material/Vera-et-al_2002.pdf)>. Acesso em: 10 jan.2017.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A.R. Principais Fenômenos Atmosféricos. p. 309-376. **Meteorologia Básica e Aplicações**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 448 p.

VINCENT, D.G. The South Pacific Convergence Zone (SPCZ): A Review. **American Meteorological Society: Monthly Weather Review**. v. 122, p. 1949 - 1970. 1994. Disponível em:<<http://journals.ametsoc.org/doi/pdf/10.1175/1520-0493%281994%29122%3C1949%3ATSPCZA%3E2.0.CO%3B2>>. Acesso em 05 jan. 2017.

XAVIER, T.M.B.; XAVIER, A.F.S. A ODP- "Oscilação Decadal do Pacífico" (PDO-Pacific DecadalOscillation") e Eventos no Atlântico Intertropical e no nordeste setentrional do Brasil. In: **XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2004, Fortaleza, Ceará.

WAINER, I.; TASCETTO, A.S. Climatologia na região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chuí (RS). Diagnóstico para os períodos relativos aos levantamentos pesqueiros do Programa REVIZEE. In: **O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006. p. 121 - 160.



## 10. ANEXOS

- ANEXO A

Anexo A: Recorte de jornal descrevendo a ressaca de 1996 no litoral norte de Santa Catarina. Fonte: Sistema Integrado de Informação sobre Desastres (S2ID).

# Ressaca causa prejuízo de R\$ 500 mil

*Em Barra Velha, 10 mil metros quadrados de obras são destruídos. O fenômeno atinge municípios do litoral norte catarinense no inverno*

Itajaí - Durante quase um mês, Barra Velha e outros municípios do litoral norte catarinense foram castigados pelas ressacas de inverno, que destruíram ruas e causaram grandes prejuízos. Em Barra Velha, foram quase 10 mil metros quadrados de obras danificadas, entre vias, postes de luz e tubulações. A prefeitura calcula que as obras somaram os R\$ 500 mil. O problema é que tudo isso poderia ter sido evitado se a ação do homem, ao ocupar as regiões costeiras, fosse mais cautelosa. Estudos desenvolvidos por pesquisadores da

Faculdade de Ciências do Mar (Facimar/Oceanografia), da Universidade do Vale do Itajaí (Univali), constatam que a erosão aumentou nos últimos anos.

O fenômeno da maré meteorológica ou ressaca, como é conhecido, é definido como a diferença entre o nível de água observado e o nível de água previsto com a atração da lua e do sol sobre a terra (maré astronômica). O resultado disso, muitas vezes, são os ventos fortes que incidem sobre o oceano. Quando o nível de água é maior do que o previsto ocorrem as inundações, com

presença de grandes ondas de efeito destrutivo (ressaca).

Em costas desprotegidas, sem diunas que servem de barragem de contenção de maré, os efeitos erosivos são maiores. Como é o caso de algumas regiões de Barra Velha, onde o mar avançou cerca de 30 metros atingindo casas e ruas.

**EQUILÍBRIO** - O pesquisador e diretor da Facimar, Fernando Diehl, explica que as ressacas exigem medidas nas praias arenosas. Normalmente, a areia é retirada das margens da praia, sendo transferida para a zona submersa próxima à costa, originando os bancos de areia. Esse trabalho equilibra a ação das ondas.

Muitas vezes, devido à irregularidades no fundo, ocorre uma distribuição de

energia da onda ao longo da costa. Nas proximidades das praias, as ondas arrebentam, dissipando energia. Quando chegam oblíquas à linha de praias, podem gerar correntes paralelas, que vão transportar sedimentos de um lugar para outro. "Exemplo disso é Barra Velha, onde em determinadas regiões se observou acentuada deposição de material vindo das áreas atingidas", ressalta Fernando Diehl.

Devido a essas variações no nível do mar a curto prazo, denominadas de ressacas, o pesquisador informa que estudos têm constatado um aumento do nível das marés em escala mundial. "Porém existem controvérsias no meio científico sobre essa hipótese." (Agência RBS)

### Sem controle



Erosão facilita ação das ondas sobre ruas e casas

- ANEXO B

Anexo B: Registro oficial de situação de emergência no Município de Itajaí em 2006. Fonte: Sistema Integrado de Informação sobre Desastres (S2ID).

## Ministério da Integração Nacional

### GABINETE DO MINISTRO

PORTARIA Nº 629, DE 14 DE AGOSTO DE 2006

Prorroga a situação de emergência no Município de Itajaí-SC.

O MINISTRO DE ESTADO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, com base no Decreto no 5.376, de 17 de fevereiro de 2005,

Considerando o Decreto de prorrogação no 7.957, de 24.07.2006, do Município de Itajaí, devidamente homologado pelo Decreto no 4.598, de 31.07.2006, do Estado de Santa Catarina e,

Considerando, ainda, as informações da Secretaria Nacional de Defesa Civil no Processo no 59050.001010/2006-13,

Considerando, ainda, a Portaria Ministerial no 568, de 20 de julho de 2006, publicada no Diário Oficial da União, Seção I, de 21 de julho de 2006, resolve:

Art. 1º Fica prorrogada, a situação de emergência em virtude de inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar, no Município de Itajaí, por mais noventa dias, contados a partir de 24.07.2006.

Art. 2º Esta portaria entra em vigor na data de sua publicação.

PEDRO BRITO

- ANEXO C

Anexo C: Decreto de situação de emergência no Município de Itajaí em 2009.  
Fonte: Sistema Integrado de Informação sobre Desastres.

**PORTARIA Nº 982, DE 5 DE NOVEMBRO DE 2009**

Reconhece situação de emergência no Município de Itajaí-SC.

A SECRETÁRIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL, com base no Decreto nº 5.376, de 17 de fevereiro de 2005, no uso da competência que lhe foi delegada pela Portaria Ministerial nº 1.763-A, de 07 de novembro de 2008, publicada no Diário Oficial da União, Seção 2, de 23 de dezembro de 2008, e

Considerando o Decreto nº 8.913, de 23 de julho de 2009, do Município de Itajaí, devidamente homologado pelo Decreto nº 2.521, de 17 de agosto de 2009, do Estado de Santa Catarina, e

Considerando, ainda, as informações da Secretaria Nacional de Defesa Civil no Processo nº 59050.003010/2009-09, resolve:

Art. 1º Reconhecer, em virtude de enxurradas ou inundações bruscas, a situação de emergência, no Município de Itajaí, zona urbana, Rua Blumenau, nº05 - Bairro São João, Complexo Portuário de Itajaí, conforme o Formulário de Avaliação de Danos constante do referido Processo, pelo prazo de noventa dias, contados a partir de 23 de julho de 2009.

Art. 2º Esta portaria entra em vigor na data de sua publicação.

IVONE MARIA VALENTE

- ANEXO D

Anexo D: Decreto de estado de calamidade pública para Santa Catarina em 1983. Fonte: Sistema Integrado de Informação sobre Desastres.

**PORTARIA Nº 103, DE 15 DE JULHO DE 1983**

O MINISTRO DE ESTADO DO INTERIOR, no uso de suas atribuições legais e tendo em vista o disposto no Decreto-Lei nº 200, de 25 de fevereiro de 1967, e no Decreto nº 83.839, de 13 de agosto de 1979;

CONSIDERANDO o disposto no artigo 9º do Decreto nº 66.204, de 13 de fevereiro de 1970, com redação dada pelo artigo 1º do Decreto nº 68.718, de 07 de junho de 1971, combinados com o artigo 8º, letra "a", do Decreto nº 67.347, de 05 de outubro de 1970;

CONSIDERANDO os termos do Decreto nº 19.679, de 09 de julho de 1983, do Senhor Governador do Estado de Santa Catarina, que declara Estado de Calamidade Pública em todo o território de Santa Catarina;

CONSIDERANDO, ainda, os elevados prejuízos causados pelos temporais e enchentes nos principais sistemas hidrográficos do Estado, atingindo todo o território Catarinense e

Tendo em vista os termos do Telex GAB 172/85 da SUDESUL, Processo MINTER nº 00-83-06294-7; RESOLVE:

Reconhecer o Estado de Calamidade Pública em todo o território do Estado de Santa Catarina, pelo prazo de 180 (cento e oitenta) dias, contados a partir da data de publicação desta Portaria.

MÁRIO DAVID ANDRADE

- ANEXO E

Anexo E: Decreto de estado de calamidade pública para Santa Catarina em 1984.

Fonte: Sistema Integrado de Informação sobre Desastres.

**DIÁRIO OFICIAL - SC - No. 12.522**

DECRETO Nº 22.971, de 6 de agosto de 1984

Declara estado de calamidade pública nos Municípios que menciono e dá outras providências.

O Governador do Estado de Santa Catarina, no uso da competência privativa que lhe confere o artigo 93, itens I e III, e nos termos do artigo 79, letra "a", da Lei nº 4.841, de 23 de maio de 1973 e,

Considerando as elevadas precipitações pluviométricas que abateram-se sobre todo o Estado de Santa Catarina a partir do dia 5 de agosto, com o transbordamento de diversos rios e atingindo importantes áreas urbanas de diversos municípios catarinenses,

DECRETA :

Art. 1º - É declarado o estado de calamidade pública nos Municípios de: Agrolândia, Agronômica, Ascurra, Mulatana, Aurora, Benedito Novo, Blumenau, Botuverá, Brusque, Dona Emma, Gaspar, Guabiruba, Ibirama, Ilhota, Imbuia, Indaial, Itajaí, Ituporanga, Joinville, Leoberto Leal, Lontras, Luiz Alves, Navegantes, Petrolândia, Pommerode, Pouso Alegre, Presidente Getúlio, Presidente Nereu, Rio do Campo, Rio do Oeste, Rio do Sul, Rio dos Cedros, Rodeio, Saletó, Schroeder, Taió, Timbó, Trembada Central, Vidal Ramos, Witmarsum, São João Batista, Campos Novos, Correia Pinto, Lages, Otacílio Costa, Ponte Alta, Urubici, São José do Cerrito, Caçador, Rio das Antas, Arroio Trinta, Videira, Ibiratã, Pinheiro Preto, Joaçaba, Tangará, Herval do Oeste e Erval Velho.

Parágrafo Único - A Coordenação Estadual de Defesa Civil, à vista do disposto neste artigo, adotará, a respeito, as medidas previstas no artigo 8º, da Lei nº 4.841, de 23 de maio de 1973.

Art. 2º - O presente Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

Florianópolis, 6 de agosto de 1984

ESMERIDIANO AMIN HILLOU FILHO

Francisco de Assis Filho  
Heliete Marly Filomeno Leal

• ANEXO F

Anexo F: Recorte de jornal indicando os prejuízos no Vale do Itajaí em 1997. Fonte: Sistema Integrado de Informação sobre Desastres.



• ANEXO G

Anexo G: Reportagem (parcial) caracterizando o episódio de 1997. Fonte: Diário Atacama.

Usted está en: **Portada** : Opinión Domingo 17 de junio de 2007

**Recordando**  
 Por Eduardo Bown Rivera, historiador

El 12 de junio de 1997, se inscribió en los anales de nuestra historia como uno los días más triste. Un gran temporal de viento y lluvia se desató en nuestra región, principalmente, en nuestra ciudad, sólo comparado con lo ocurrido en febrero de 1953, cuando -producto del Invierno Boliviano- se desatará un fuerte temporal de lluvia y viento, con desborde del río, que causó estragos en la toda la comunidad. Desde el aeródromo de Copiapó salía rumbo a Santiago el avión bimotor que llevaba al diputado del Partido Comunista por Atacama don Víctor Montero y su comitiva, pero al salir del aeródromo se incendió uno de los motores y al tratar de regresar a la pista (en ese tiempo el aeropuerto se encontraba donde actualmente está el Regimiento de Infantería N° 23 de Copiapó ), su piloto perdió el control y el avión cayó en el lecho del río, en el sector de Viñita Azul, donde se incendió y todos sus ocupantes murieron carbonizados... Hasta el día de hoy una animita recuerda ese lamentable episodio. Paradojalmente en ese mismo sector, 44 años después y también por efecto de un gran temporal que afectó a nuestra ciudad, con fuertes vientos y lluvias (70 mm. producto de 14 hrs. de precipitaciones, cuando el promedio anual es de 2.5 mm ), se produjo un grave accidente en el río Copiapó, producto del gran flujo de agua, barro, piedras y palos que en forma imprevista arrastraba el torrente del río, volcando al camión militar que había salido en una misión solidaria a prestar a ayuda a unas personas que se encontraban aisladas y en peligro en el sector de Viñita Azul.

- ANEXO H

Anexo H: Relatório de avaliação de danos para janeiro de 2008 no Município de Itajaí. Fonte: Sistema Integrado de Informação sobre Desastres.

SISTEMA NACIONAL DE DEFESA CIVIL - SINDEC					
AVALIAÇÃO DE DANOS					
1 - Tipificação			2 - Data de Ocorrência		
Código	Denominação		Dia	Mês	Ano
NEHEX	12302	ENKURADAS OU INUNDAÇÕES	31	01	08
3 - Localização			Horário		
UF	SC	Município	17:00		
4 - Área Afetada					
Type de Ocupação	Não existe/ Não afetada	Urbana	Rural	Urbana e Rural	
Residencial	0	0	0	X	
Comercial	0	X	0	0	
Industrial	X	0	0	0	
Agrícola	0	0	X	0	
Pecuária	X	0	0	0	
Extrativismo Vegetal	X	0	0	0	
Reserva Florestal ou APA	X	0	0	0	
Mineração	0	X	0	0	
Turismo e outras					
<b>Descrição da Área Afetada</b>					
Parte da área urbana bairros de: 1-Cordóis, 2-Espinhelros, 3-Cidade Nova, 4-Fazenda, 5- Praia Brava, 6-Marul, 7-São Vicente e 8-Itaipava.					
Parte da área rural: Localidades de: 1-Canhaduba, 2-Rio Novo, 3-São Roque, 4-Rio do Meio e 5-Itaipava.					
Obs.: Bairro Itaipava (parte da área urbana e parte da área rural).					
5 - Causas do Desastre - Enxurradas caracterizadas por chuvas intensas e localizadas, iniciando a partir das 03:00 horas do dia 31 de janeiro de 2008 até às 16:00 do dia 01 de fevereiro de 2008, cuja precipitação pluviométrica atingiu 210 mm, acima da média para o período.					

- ANEXO I

Anexo I: Parte do relatório de avaliação de danos para fevereiro de 2008 no Município de Itajaí. Fonte: Sistema Integrado de Informação sobre Desastres.

SISTEMA NACIONAL DE DEFESA CIVIL - SINDEC					
AVALIAÇÃO DE DANOS					
1 - Tipificação			2 - Data de Ocorrência		
Código	Denominação		Dia	Mês	Ano
NEHEX	12.302	ENKURADAS OU INUNDAÇÕES	20	02	08
3 - Localização			Horário		
UF	SC	Município	22:30		
4 - Área Afetada					
Type de Ocupação	Não existe/ Não afetada	Urbana	Rural	Urbana e Rural	
Residencial	0	0	0	X	
Comercial	0	0	0	X	
Industrial	X	0	0	0	
Agrícola	X	0	0	0	
Pecuária	X	0	0	0	
Extrativismo Vegetal	X	0	0	0	
Reserva Florestal ou APA	0	0	0	X	
Mineração					
<b>Turismo e outras</b>					
<b>Descrição da Área Afetada</b> Parte da área Urbana e Rural conforme segue: Bairro Itaipava, KM 12, Brilhante I e II, Paciência, Loteamento São Pedro, Limocro, Larajáiras - Bairro Centro - Bairro Cordóis, Jardim Esperança, Jardim Progresso, Votoantim, Costa Cavalcanti, Bertholdo Michels, Moura - Bairro Espinhelros, São Roque, Loteamento Portal I e II - Bairro Cidade Nova - Bairro Fazenda, Fazendinha, Morro do Bem Te Vi, Loteamento Padre Jacó - Bairro Praia Brava - Bairro Canhaduba - Bairro Barra do Rio, Nova Brasília, Imariri - Bairro Salcicos, Volta de Cima, Lot. Santa Regina, Pedra de Anolard - Bairro São Vicente, Bambuzal, Jai Apa - Bairro Ressacada, Carvalho - Bairro Cabeçadas - Bairro Vila Operária, Fúria Lima - Bairro São João - Bairro Dom Bosco - Bairro São Judas. Mais de 800 ruas foram inundadas devido a esta precipitação pluviométrica.					
5 - Causas do Desastre - Descrição do Evento e suas Características Devido ao fenômeno denominado pelos meteorologistas como LESTADA que é de difícil previsão e que os órgãos de previsão do tempo do nosso Estado não conseguiram prever com antecedência, houve uma precipitação pluviométrica entre 22:00min e 22:30min de 84,70 mm, provocando alagamentos em diversos pontos dos bairros do município, inclusive em alguns bairros quase todas as ruas foram afetadas.					

- ANEXO J

Anexo J: Parte do relatório de avaliação de danos para novembro de 2008 no Município de Itajaí. Fonte: Sistema Integrado de Informação sobre Desastres.

SISTEMA NACIONAL DE DEFESA CIVIL-SINDEC				
AVALIAÇÃO DE DANOS				
1 - Tipificação		2- Data de Ocorrência		
Código	Denominação	Dia	Mês	Ano
NE/HEX 12.302	ENXURRADAS OU INUNDAÇÕES BRUSCAS	23	11	2008
3- Localização		Município: ITAJAÍ		
UF: SANTA CATARINA				
4 - Área Afetada	Não existe/ Não afetada	Urbana	Rural	Urbana o Rural
Residencial	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Comercial	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Industrial	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Agrícola	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Pecuária	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Extrativismo Vegetal	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>
Reserva Florestal ou APA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Mineração	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Turismo e outras	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Descrição da Área Afetada				
Todo o território municipal, conforme Mapa "ENXURRADAS E INUNDAÇÕES DE 21 A 23 DE NOVEMBRO DE 2008" (Anexo I)				
5 - Causas do Desastre - Descrição do Evento e suas Características				
Alta precipitação pluviométrica ocorrida no médio e baixo vale do Rio Itajaí-Açú, ocasionando o aumento de volume de águas dos rios Itajaí-Açú e Rio Itajaí Mirim. A precipitação hídrica com intensidade atípica fez com que chovesse de 20 a 24 de novembro de 2008, em Itajaí, o equivalente a 472,7 mm. Só no dia 23, totalizou 150,5 mm, sendo que a média histórica para o mês de novembro é de 144,8 mm, conforme informação da EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Anexo II). No dia 23 o rio alcança seu ponto máximo com a cota altimétrica de 4,5 mm (Nível Médio dos Mares).				

- ANEXO K

Anexo K: Reportagem (parcial) caracterizando o episódio de precipitação no Atacama em 2008. Fonte: Diario Chañarcillo (2008).

## Dos albergados y cuatro familias damnificadas por lluvias en Atacama

\* Gran acumulación de nieve en la alta cordillera y 21 familias afectadas tras paso de sistema frontal según informe de autoridades Desde cerca de las 5 de la madrugada de ayer lunes hasta aproximadamente las ocho de la mañana, el paso de un frente de mal tiempo provocó lluvias intensas en diversos puntos de la región de Atacama, no provocando daños materiales de importancia. Cuando comenzaban las lluvias, que se intensificaron considerablemente a eso de las 6 de la mañana, los comités de emergencias de las municipalidades de la región se constituyeron para realizar inspecciones en terreno de la situación. Gracias a esto se logró entregar apoyo a las familias que estaban más complicadas en las comunas de Copiapó, Tierra Amarilla, Caldera, Huasco y Vallenar logrando contener así la situación que en esos momentos era controlable. El Intendente (S) de Atacama, Armando Flores, que estuvo desde temprano recorriendo la Región, señaló que las precipitaciones registradas se originaron gracias al ingreso de un sistema frontal desde el sur de país y la cantidad de agua caída alcanzó los 22 mm. en Alto del Carmen y Freirina, 15,5 mm. en Vallenar, 7,3 mm. en Copiapó y 7 mm. en Caldera. Por su parte a través de un Informe, la Oficina Nacional de Emergencia indicó que se registraron cuatro personas damnificadas en Caldera y dos albergados en la misma comuna, mientras 21 familias resultaron afectadas.



- ANEXO L

Anexo L: Parte do relatório de avaliação de danos para o Município de Itajaí em 2011. Fonte: Sistema Integrado de Informação sobre Desastres (S2ID).

Nº 176, terça-feira, 13 de setembro de 2011

---

Ministério da Integração Nacional

---

SECRETARIA NACIONAL DE DEFESA CIVIL

PORTARIA Nº 386, DE 12 DE SETEMBRO DE 2011

Reconhece a Situação de Emergência em Municípios do Estado de Santa Catarina, afetados por Enchentes ou Inundações Graduais - NE/HIG - 12.301.

O SECRETÁRIO NACIONAL DE DEFESA CIVIL, com base no Decreto nº 7.257, de 04 de agosto de 2010, Art. 7º, § 3º, no uso da competência que lhe foi delegada pela Portaria Ministerial nº 1.763-A, de 07 de novembro de 2008, publicada no Diário Oficial da União, Seção 2, de 23 de dezembro de 2008, e

Considerando o Decreto nº 489, de 12 de setembro de 2011, do Estado de Santa Catarina, e demais informações constantes no Processo nº 59050.001342/2011-65, resolve:

Art. 1º Reconhecer, em decorrência de enchentes ou inundações graduais - NE/HIG - 12.301, a situação de emergência nos Municípios de Agrolândia, Agmas Mouras, Alfredo Wagner, Angelina, Anitópolis, Apitima, Araquari, Ascurra, Atalanta, Balneário Camboriú, Balneário Barra do Sul, Benedito Novo, Blumenau, Bocaina do Sul, Betunera, Braço de Trombudo, Biguaçu, Calmon, Camboriú, Campo Belo do Sul, Canelinha, Caçador, Correia Pinto, Corupá, Dona Emma, Florianópolis, Gaspar, Guabiruba, Garopaba, Herval D Oeste, Iturama, Ilhota, Indaial, Itajaí, Itapema, Itaipópolis, Inniópolis, Ipiranga, Içara, Itagará do Sul, Joinville, José Botelho, Lebon Régis, Leoberto Leal, Lindoia do Sul, Macieira, Mazzaranduba, Major Gercino, Major Vieira, Matão, Mirim Doce, Monte Castelo, Navegantes, Nova Trento, Novo Horizonte, Otacilio Costa, Papandava, Paqueta, Petrolândia, Ponto Redondo, Presidente Nereu, Porto União, Rancho Queimado, Rio das Antas, Rio do Campo, Rio dos Cedros, Rio Rufino, Rodolfo, Santa Cecília, Santa Rosa de Lima, Santa Teresinha, Santo Amaro da Imperatriz, São Domingos, São José, São Martinho, São João Batista, Tangará, Tiyucas, Timbó, Três Barras, Trombudo Central, Vidal Ramos, Videira, Vitor Meireles, Witmarsum e Vargem, do Estado de Santa Catarina.

Art. 2º Esta portaria entra em vigor na data de sua publicação.

HUMBERTO VIANA

- ANEXO M

Anexo M: Reportagem (parcial) caracterizando o episódio de precipitação no Atacama em 2011. Fonte: Diário Chañarcillo (2011).

Crónica

Publicado el 10/07/2011 10:12:00

**\*Informe final: 10.671 personas afectadas por las precipitaciones en Atacama \*En Copiapó cayeron 29,9 mm. de agua.**

[TWITTER](#) [FACEBOOK](#)

El director regional de la Oficina Nacional de Emergencias, Carlos García, junto a otras autoridades de gobierno, dio a conocer las últimas cifras recabadas de lo que fueron las precipitaciones que afectaron a la región el viernes y madrugada del sábado. El informe indica que se registraron 10.671 afectados en la Región de Atacama (9.156 en la provincia de Copiapó; 1.360 en la provincia de Chañaral y 156 en la provincia de Huasco). Los principales daños se verificaron en la Provincia de Copiapó, donde hubo 2.128 viviendas con daño menor habitable y 19 con daño mayor no habitable; se contabilizaron 83 personas damnificadas y 25 albergadas, quienes fueron dirigidas al Colegio Manuel Rodríguez. En tanto que en la Provincia de Huasco hubo 39 viviendas con daño menor habitable y 45 con daño mayor no habitable; se contabilizaron 120 personas damnificadas y no hubo albergados. Por su parte, en la Provincia de Chañaral sólo hubo 340 viviendas con daño menor habitable y no se registraron damnificados ni albergados. \* AGUA CAÍDA: Las cifras del agua caída en la región, son las siguientes: Copiapó: 29,8 milímetros. Caldera: 23,2 milímetros. Tierra Amarilla: 18 milímetros. Freirina: 9,5 milímetros. Huasco: 15 milímetros. Vallenar: 1,9 milímetros. Alto del Carmen: 4 milímetros. Domeyko: 2 milímetros. San Félix: 3 milímetros. El Tránsito: 3,5 milímetros. Conay: 2,5 milímetros. Chañaral: sin información.

