

Nelson Larini Jr.

**ANÁLISE DAS INFLUÊNCIAS DO FENÔMENO EL NIÑO
2015-16 SOBRE A REGIÃO SUL DO BRASIL**

Florianópolis
2017



Nelson Larini Jr.

**ANÁLISE DAS INFLUÊNCIAS DO FENÔMENO EL NIÑO 2015-16 SOBRE A
REGIÃO SUL DO BRASIL**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação
em Meteorologia do Centro de Física e Ma-
temática da Universidade Federal de Santa
Catarina como requisito para a obtenção do
Título de Bacharel em Meteorologia.
Orientador: Dr.^a Maria Laura Guimarães
Rodrigues

Florianópolis

2017

Ficha de identificação da obra

Larini, Nelson

ANÁLISE DAS INFLUÊNCIAS DO FENÔMENO EL NIÑO 2015-16 SOBRE A REGIÃO SUL DO BRASIL / Nelson Larini ; orientadora, Maria Laura Rodrigues, 2017. 56 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Graduação em Meteorologia, Florianópolis, 2017.

Inclui referências.

1. Meteorologia. 2. El Niño. 3. Meteorologia sinótica. 4. Região Sul do Brasil. I. Rodrigues, Maria Laura. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Meteorologia. III. Título.

Nelson Larini Jr.

**ANÁLISE DAS INFLUÊNCIAS DO FENÔMENO EL NIÑO 2015-16 SOBRE A
REGIÃO SUL DO BRASIL**

Este Trabalho Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de “Bacharel em Meteorologia” e aprovado em sua forma final pelo Programa de Graduação em Meteorologia.

Florianópolis, 26 de Junho de 2017.

Prof. Renato Ramos, Dr.

Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Maria Laura Rodrigues, Dr.^a

Orientadora

Ciram/Epagri

Prof. Wendel Farias, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Reinaldo Haas, Dr.

Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos primeiramente a meus pais, que me apoiaram em minha mudança para a Universidade Federal de Santa Catarina e me ajudaram em momentos difíceis, durante os cinco anos de curso. Agradeço também aos professores, que me ensinaram e me ajudaram em muitas oportunidades, assim como aos colegas de classe.

Também agradeço à minha orientadora deste TCC, Laura Rodrigues, por aceitar me ajudar neste trabalho, bem como aos demais meteorologistas da CIRAM/EPAGRI, devido à minha experiência durante o estágio.

RESUMO

A atuação do fenômeno El Niño no Sul do Brasil é relacionada a um aumento significativo da precipitação e da temperatura média na Região. Essas mudanças no padrão do clima podem causar grandes impactos econômicos e sociais, principalmente com o aumento das enchentes. O El Niño de 2015-16, um dos mais fortes já registrados, também apresentou, no geral, características típicas de um El Niño canônico, mas com variações de um mês para outro. Portanto, é importante analisar as condições atmosféricas sobre a Região Sul e seu desenvolvimento ao longo deste evento. Assim, será apresentada uma visão geral dos efeitos esperados para o Sul do Brasil durante o fenômeno El Niño. Desse modo, a pesquisa foca principalmente em analisar como o El Niño de 2015-16 afetou o Sul do Brasil, e como ele se compara aos demais. A passagem de frentes frias e a formação CCMs nesse período também são estudadas. A observação dos jatos (de altos e baixos níveis) é necessária já que os mesmos interferem no desenvolvimento e progressão desses sistemas.

Palavras-chave: El Niño. Meteorologia Sinótica. Região Sul do Brasil.

ABSTRACT

El Niño effects in Southern Brazil tend to be related to a significant positive anomaly in precipitation and mean average temperature. These changes in the pattern of the area's climate can cause economic and social impacts for its inhabitants, especially when it comes to flooding. As for the 2015-16 El Niño event, which was one of the strongest on record, it can be observed typical canonical El Niño effects for Southern Brazil, although with big variations from one month to another. Therefore, it's important to analyze the atmospheric conditions over the Region and their development throughout that event. Therefore, a general analysis of El Niño effects in Southern Brazil is presented. The research focus mainly in the way the 2015-16 El Niño event affected Southern Brazil and how it compares to the climatology of El Niño patterns. The characteristics and development of cold fronts during this period are also studied, as well as the development of Mesoscale Convective Systems, such as the MCCs (Mesoscale Convective Complex). The analysis of the subtropical and low-level jets is necessary since they interfere in the formation and progression of fronts.

Keywords: El Niño. Synoptic Meteorology. Southern Brazil.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Imagem satélite GOES-13.....	16
Figura 2 - Anomalia de precipitação em municípios (estações INMET) em diferentes regiões de Santa Catarina entre Junho 2015 e Março 2016.....	25
Figura 3 – Padrão médio de ventos a 10m e pressão ao nível do mar um dia antes (-1), no dia (0), um dia depois (1) e dois dias depois (2) da passagem de frentes frias na Região Sul do Brasil no trimestre Junho/Julho/Agosto 2015.....	28
Figura 4 - Padrão médio do Jato Subtropical (200 hPa) um dia antes (-1) e no dia (0) da passagem de frentes frias na Região Sul do Brasil no trimestre Junho/Julho/Agosto 2015.....	30
Figura 5 - Altura geopotencial (decâmetros) um dia antes (-1), no dia (0), um dia depois (1) e dois dias depois (2) da passagem de frentes frias na Região Sul do Brasil no trimestre Junho/Julho/Agosto 2015.....	32
Figura 6 - Ventos médios a 850 hPa um dia antes (-1) da passagem de frentes frias na Região Sul do Brasil no trimestre Junho/Julho/Agosto 2015.....	33
Figura 7 - Ciclone extratropical na costa do Rio Grande do Sul, com centro de cerca de 1000 mb, em 14 de Julho de 2015.....	34
Figura 8 - Padrão médio do Jato Subtropical (200 hPa) (a) um dia antes (-1) e (b) no dia (0) da passagem de frentes frias na Região Sul do Brasil no trimestre Setembro-Outubro-Novembro 2015.....	35
Figura 9 – Padrão de ventos a 10m e pressão ao nível do mar (a) um dia antes (-1), (b) no dia (0), (c) um dia depois (1) e (d) dois dias depois (2) da passagem de frentes frias na Região Sul do Brasil no trimestre Setembro/Outubro/Novembro 2015.....	37
Figura 10 - Ventos médios a 850 hPa (a) no dia (0) e (b) um dia depois (1) da passagem de frentes frias no trimestre Setembro-Outubro-Novembro 2015.....	38
Figura 11 - Divergência de massa (em vermelho) e umidade específica (em azul) durante (a) e no pico (b) da formação de CCMs na Região Sul do Brasil, para os três casos de Novembro 2015. Alta convergência de umidade (isto é, divergência negativa e alto valor de umidade específica) favorece o desenvolvimento de CCMs.....	40

Figura 12 - Evento de 06 de Setembro de 2015, em que ventos de leste/nordeste estiveram associados à significativa precipitação no Litoral Norte de SC e do Paraná.....	41
Figura 13 - Padrão médio de ventos a 10m e pressão ao nível do mar durante os eventos de lestada no litoral de SC no mês de Novembro 2015. Médias de (a) 00UTC e (b) 12UTC no primeiro dia da lestada, (c) 00UTC e (d) 12UTC no segundo dia.....	44
Figura 14 – Vento médio a 10m e pressão ao nível do mar (a) um dia antes (-1), (b) no dia (0), (c) um dia depois (1) e (d) dois dias depois (2) da passagem de frentes na Região Sul do Brasil em Dezembro/Janeiro/Fevereiro 2015-16.....	47
Figura 15 - Ventos médios a 850 hPa no dia da passagem de frentes frias no trimestre Dezembro/Janeiro/Fevereiro 2015-16.....	48
Figura 16 - Padrão médio do Jato Subtropical (200 hPa) (a) um dia antes (-1) e (b) no dia (0) da passagem de frente frias na Região Sul do Brasil no trimestre Dezembro/Janeiro/Fevereiro 2015-16.....	49
Figura 17 - Ventos a 10m e pressão ao nível do mar um (a) dia antes (-1), (b) no dia (0) e (c) um dia depois (1) da passagem de frente fria associada a um ciclone extratropical, na Região Sul do Brasil, em 22 de Março de 2016.....	52

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Temperatura média do Pacífico, juntando os Niños 1, 2, 3 e 4.....	21
Tabela 2: Quantidade de frentes frias registradas por mês durante o evento de 2015-16 comparada com a média entre 1990-99.....	25
Tabela 3: Anomalias mensais de temperatura de Junho de 2015 a Março de 2016 em relação à média de cada mês do período	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CCMs – Complexos Convectivos de Mesoescala

CIRAM – Centro de Informações de Recursos Ambientais e de Hidrometeorologia de Santa Catarina

CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos

DJF – Dezembro/Janeiro/Fevereiro

ECMWF – European Center for Medium-Range Weather Forecasts

ENSO – El Niño – Southern Oscillation

EPAGRI – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural

GRADS – Grid Analysis and Display System

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

JJA – Junho/Julho/Agosto

NCEP – National Center for Environmental Prediction

NOAA – National Oceanic and Atmosphere Administration

PR - Paraná

SC – Santa Catarina

SCMs – Sistemas Convectivos de Mesoscala

SON – Setembro/Outubro/Novembro

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3	OBJETIVOS	18
4	MATERIAIS E MÉTODOS	19
5	RESULTADOS	21
5.1	JUNHO, JULHO, AGOSTO.....	26
5.2	SETEMBRO, OUTUBRO, NOVEMBRO	34
5.3	DEZEMBRO, JANEIRO, FEVEREIRO.....	45
5.4	MARÇO, ABRIL E MESES SEGUINTE.....	50
6	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS.....	55

1 INTRODUÇÃO

El Niño – Southern Oscillation, ou simplesmente ENSO, é um fenômeno meteorológico associado ao aumento (diminuição) anormal da temperatura das águas causado pelo enfraquecimento (fortalecimento) dos ventos alísios do Oceano Pacífico Equatorial (TRENBERTH, 1997). Hoje, portanto, o termo El Niño (La Niña) se refere à fase negativa (positiva) do ENSO. Sua ocorrência leva a mudanças na circulação atmosférica na região, que acabam por causar uma mudança de padrões de temperatura e precipitação em várias partes do mundo (CERA et al., 2015). Esses desvios de temperatura e precipitação podem ter implicações econômicas e sociais globais dependendo da intensidade e duração do fenômeno (DAVIS, 2001). Ou seja, a importância dada a esses eventos é devido à sua grande extensão, bem como por ser um dos fenômenos com maior influência no clima global.

Há diferentes tipos de fenômenos El Niño, porém os dois mais conhecidos são o El Niño canônico (maior anomalia de temperatura da água está no leste do Pacífico) e o El Niño Modoki (maior anomalia está na região Central do Pacífico), sendo que originalmente o El Niño canônico é o mais comum (e também foi o caso do evento de 2015-16), porém a ocorrência do segundo está aumentando, sendo uma causa das mudanças climáticas (YEH et al., 2009). Esses dois tipos diferentes de El Niño vão afetar regiões locais e globais de forma distinta.

O aumento da temperatura média do Oceano Pacífico Equatorial e diminuição da intensidade dos ventos alísios modificam a circulação da Célula de Walker. A anomalia extensiva na temperatura média do oceano, somando à modificação na circulação da Célula de Walker, fazem com que regimes de pressão e precipitação no Pacífico Equatorial sofram grandes mudanças, além de influenciar outros eventos ao redor do planeta.

Na Região Sul do Brasil, o aumento na quantidade de precipitação (ROPELEWSKI; HALPERT, 1987, 1989), e também da temperatura média (GRIMM, 2003) são normalmente observados em anos El Niño, influenciados por eventos sinóticos a princípio originados na Região do Pacífico Equatorial, mas que se propagam para outras áreas do globo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As perturbações nas Células de Walker e Hadley afetam as ondas de Rossby, provocando mudanças na circulação e velocidade de jatos subtropicais de alto nível, e tanto na América do Norte quanto na do Sul, a tendência é de um jato subtropical mais forte (fraco) em anos El Niño (La Niña). Essas mudanças na intensidade do jato subtropical causam um fluxo positivo (negativo) de umidade para a Região Sul, assim anomalias positivas (negativas) de precipitação e eventos extremos são associados ao El Niño (La Niña) (GRIMM et al., 1998). Deve-se, porém, considerar que há vários outros fatores (locais e regionais) de menor escala que podem causar mudanças no fluxo de umidade para a Região Sul e provocar mudanças no regime de precipitação, e que esses fatores podem se sobrepor ao El Niño. Isso significa que o fenômeno El Niño por si só não garante precipitação acima da média para o Sul do Brasil, embora tal probabilidade aumente consideravelmente nesses anos.

A porção Oeste da Região Sul do Brasil é a mais afetada pelo fenômeno ENSO, portanto é a que apresenta os maiores desvios de chuva em relação à média. A quantidade de chuvas e eventos extremos também é maior durante fenômenos El Niño. Isso ocorre porque nessa área a precipitação depende muito da posição do jato subtropical, bem como do transporte de umidade vindo do Norte do Brasil pelo jato de baixos níveis, ambos mais (menos) intensos durante um El Niño (La Niña). Já na porção Leste de Santa Catarina, uma maior influência marítima e de orografia é responsável pela precipitação (Haas, 2002). Eventos de chuva extrema nessa região ocorrem principalmente em anos que não são de El Niño, portanto nessa região é observada uma diminuição de eventos extremos muito fortes (precipitação superior a 50 mm/dia), embora a anomalia de precipitação ainda seja positiva (assim como o número total de eventos extremos), devido a eventos de precipitação mais leve e moderada (GRIMM; TADESHI, 2004). De qualquer forma, todas as áreas do Sul do Brasil apresentam um anomalia positiva (negativa) de precipitação em anos El Niño (La Niña).

Também devido ao fortalecimento (enfraquecimento) do jato subtropical, em anos El Niño (La Niña) é observado um menor (maior) número de passagem de frentes frias, e elas tendem a atravessar a região mais lentamente (rapidamente), isso contribui para o aumento (diminuição) de precipitações de grande volume na Região Sul (GRIMM, 2003). A menor passagem de frentes frias seguidas de massa polar na retaguarda durante

o fenômeno El Niño no inverno, porém, faz com que a temperatura média aumente na região nesse período.

Na América do Sul, as maiores anomalias negativas de pressão ocorrem na região do Chaco em anos de El Niño (e essas anomalias negativas encobrem toda a Região Sul). Assim o jato de baixos níveis (850 hPa) ao leste dos Andes é muito mais frequente (o contrário tende a ocorrer em anos de La Niña). Há também um fortalecimento no jato subtropical (250 hPa), justamente porque a baixa do Chaco se fortalece. Essas anomalias fazem com que o fluxo de umidade na Região Sul seja convergente em anos de El Niño (e divergente em anos de La Niña). Assim, com a intensificação de ventos úmidos do Norte do Brasil e a intensificação do jato, as frentes frias que chegam na Região Sul se fortalecem, mas muitas delas passam a ter dificuldade de avançar e atravessam a região lentamente, muitas vezes tornando-se até mesmo estacionárias, o que leva a grandes níveis de precipitação em poucos dias (GRIMM, 2003).

Também deve-se lembrar que, em anos de El Niño (La Niña), eventos como os CCMs (Complexo Convectivo de Mesoscala) se tornam mais (menos) frequentes na Região Sul e contribuem significativamente para o aumento (redução) da precipitação total (VELASCO; FRITSCH, 1987). CCMs são um tipo de SCM (Sistema Convectivo de Mesoscala) com maior organização. Geralmente um CCM consiste de uma única grande célula circular, que se forma durante a noite. Sua duração é moderada (por volta de 6 horas) e nesse período pode causar chuvas fortes, granizos e tempestade elétrica (MADDOX, 1980). Esses sistemas se formam em regiões subtropicais e temperadas, sempre ao leste de grandes cadeias montanhosas (no caso o Sul do Brasil, o Paraguai e o norte da Argentina, que estão localizados a leste dos Andes) (SILVA DIAS, 1987). A figura 1 é um clássico exemplo de formação de CCM sobre a Região Sul do Brasil. Nota-se que durante a madrugada não há quase nenhuma célula significativa, mas 12 horas mais tarde, após o desenvolvimento de vários sistemas convectivos (SCMs), uma célula circular de quase 300 km com características típicas de um CCM encobre mais da metade da Região.

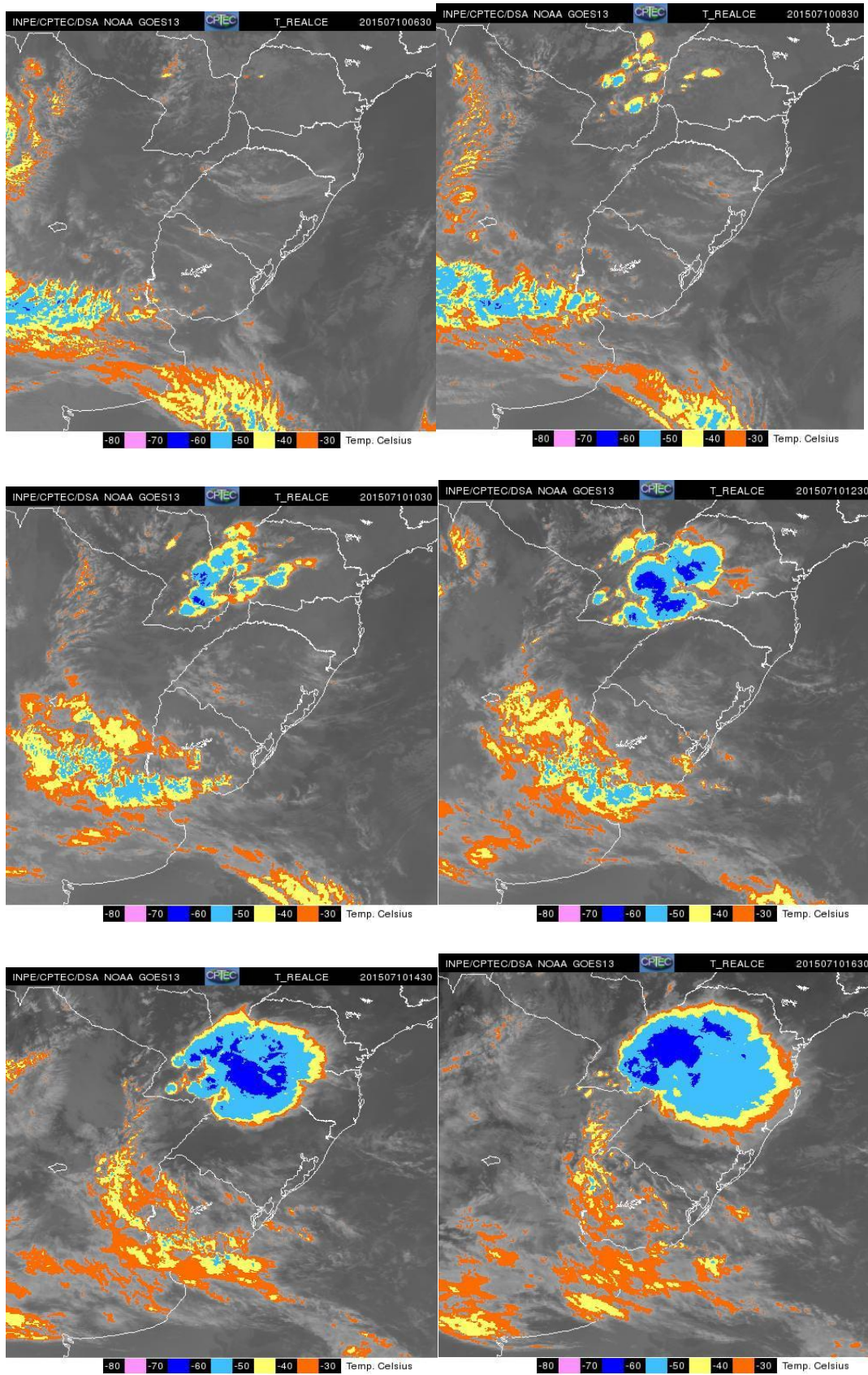


Figura 1 - Imagem satélite GOES-13 (realçada) em 10 de Julho 2015 (a) 6:30, (b) 8:30, (c) 10:30, (d) 12:30, (e) 14:30, (f) 16:30 UTC.

Em relação aos CCMs, esses sistemas se formam principalmente na primavera, e isso ajuda a explicar a razão pela qual os desvios de precipitação em anos de El Niño são maiores justamente nessa época (VELASCO; FRITSCH, 1987). E, de fato, ao observarmos o desvio de precipitação na primavera da Região Sul do Brasil, neste específico evento El Niño 2015-16 (apresentado mais detalhadamente nos resultados), veremos que houve uma grande anomalia positiva dos valores nessa época, bem como eventos significativos de CCM na Região Sul do Brasil.

3 OBJETIVOS

O fenômeno El Niño influencia o clima na Região Sul do Brasil de forma significativa, e o evento de 2015-16 foi um dos três mais intensos já registrados. Assim, o objetivo principal desse TCC será analisar as influências deste evento na região, bem como ele se compara a eventos anteriores.

Os objetivos específicos do projeto são determinar nesse período as anomalias de precipitação e temperatura em Santa Catarina, determinar o padrão sinótico de frentes frias e CCMs no Sul do Brasil, e comparar as características de precipitação e dos sistemas atmosféricos com a climatologia e eventos anteriores de El Niño, para assim verificar se o evento de 2015-16 seguiu os padrões esperados para um El Niño.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Para chegar nos resultados de anomalia de temperatura e precipitação do El Niño 2015-16, é necessário verificar a temperatura e precipitação média nesses meses e compará-las com a climatologia, ou seja, a média de todos os meses durante um período. Para a análise de eventos extremos, é verificada a frequência de dias com chuva acima de 50 mm. Em ambos os casos a análise é mensal ou trimestral. Afinal, ao analisar a influência do fenômeno El Niño na Região Sul, é preciso lembrar que diferentes meses podem apresentar diferentes resultados. Para esses resultados, serão usados mapas e dados obtidos por estações do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e Epagri.

A identificação de frentes frias e CCMs a partir do inverno de 2015 serão feitas através de imagens do espectro infravermelho do satélite GOES -13, dados de estações meteorológicas, relatórios internos da CIRAM/Epagri, e cartas sinóticas do CPTEC/INPE. Para determinar as características entre o desenvolvimento, a passagem e a duração desses sistemas nos anos de El Niño (2015-16), serão elaborados campos médios mensais de pressão ao nível médio do mar e vento a 10 metros, geopotencial a 500 hPa, direção e magnitude do vento em 850 e 200 hPa durante a passagem de sistemas frontais e de CCMs, analisando o período de 1 dia antes até 2 dias depois da passagem de frente fria (em todos os dias, o horário base é 12UTC). O GRADS é usado para obter esses campos, com dados de reanálise do ECMWF.

Os resultados obtidos são comparados com a climatologia esperada na atuação desses sistemas e com outros estudos de eventos de El Niño. O período a ser analisado vai de Junho de 2015 até Março de 2016 (porém, também há menções aos meses de Abril e Maio de 2016), quando o fenômeno El Niño atingiu intensidade moderada a forte, e sua influência na Região Sul do Brasil foi mais expressiva (embora as águas do Oceano Pacífico já estavam aquecidas desde a segunda metade de 2014), com ênfase em cada estação do ano através de análises trimestrais. As siglas JJA, SON, DJF se referem aos meses do trimestre analisado, e os números -1, 0, 1 e 2 se referem ao dia em relação à passagem da frente fria (-1 para 24 horas antes, 0 para durante, 1 para 24 horas depois, 2 para 48 depois da passagem da frente).

Lista de materiais que serão utilizados:

->Imagens de satélite GOES-13 (CPTEC, INPE, 2017);

->Dados de estações meteorológicas do INMET (2017);

->Dados Era – interim (ECMWF, 2016).

5 RESULTADOS

No geral, a Região Sul do Brasil apresenta uma maior consistência quando se trata da abrangência e anomalias em resposta aos fenômenos El Niño e La Niña do que a maioria de outras regiões (GRIMM, 2003). E, por influência dos CCMs, os efeitos do El Niño/La Niña ocorrem com maior consistência na primavera (GRIMM et al., 1998) (RAO; HADA, 1990). O evento de 2015-16 foi um exemplo que seguiu essas características.

O El Niño 2015-16 foi um caso em que a princípio as maiores anomalias de temperatura da água estavam localizadas sobre a Região Central do Pacífico (El Niño Modoki), mas com o fortalecimento do mesmo, passou a se comportar um pouco mais como um El Niño canônico (maiores anomalias na região oriental do Pacífico).

Durante o período entre Junho 2015 e Março 2016, justamente quando o fenômeno El Niño de 2015-16 esteve mais ativo, como observa-se na tabela 1 (maiores anomalias de temperatura sobre o Oceano Pacífico Equatorial), foram verificadas temperaturas e precipitações acima da média na maioria dos meses sobre a Região Sul, o que é esperado para um padrão El Niño forte. Em Santa Catarina, choveu mais do que o normal em 8 dos 10 meses nesse período (figura 2).

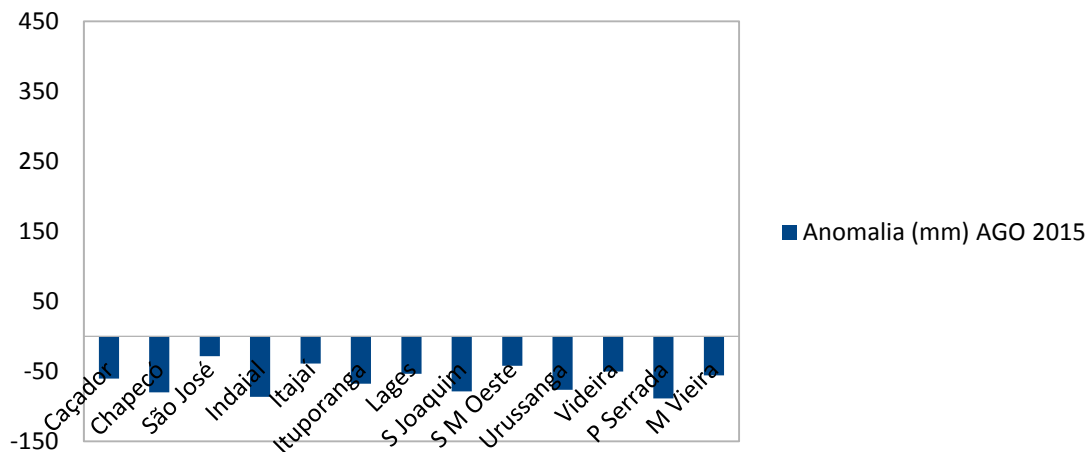
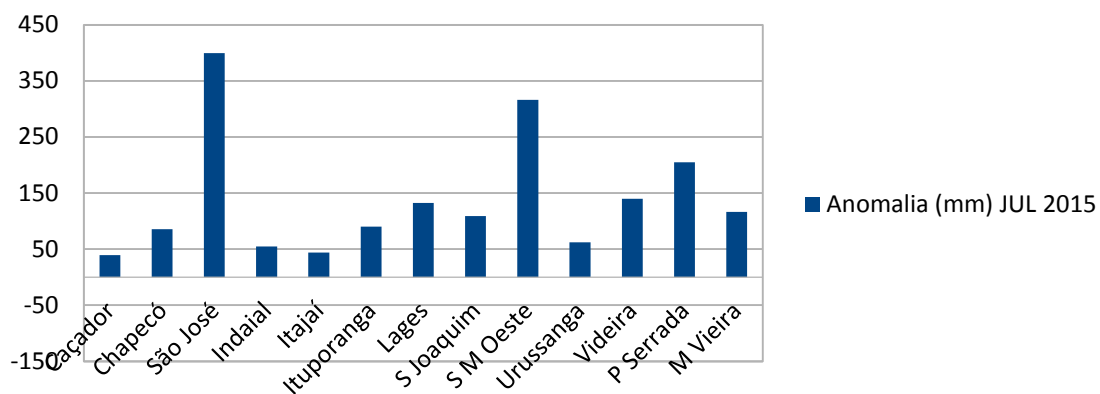
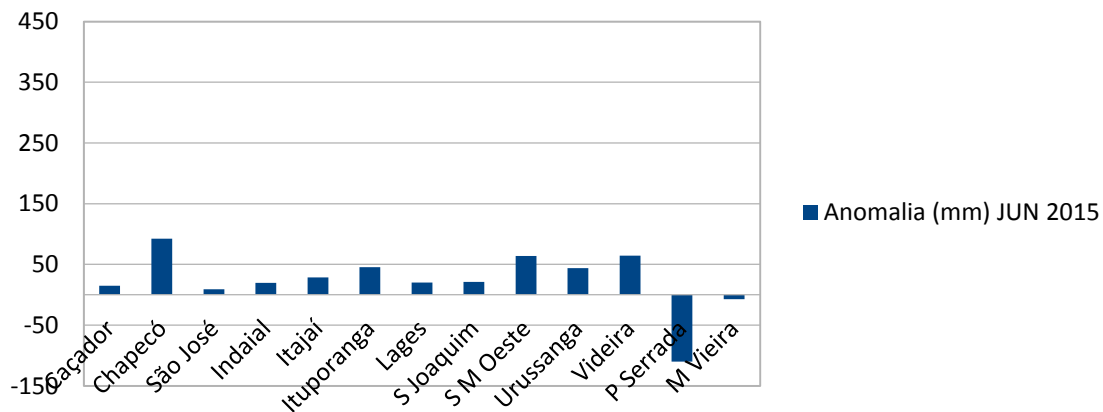
Tabela 1 - Temperatura média do Pacífico, juntando os Niños 1, 2, 3 e 4.

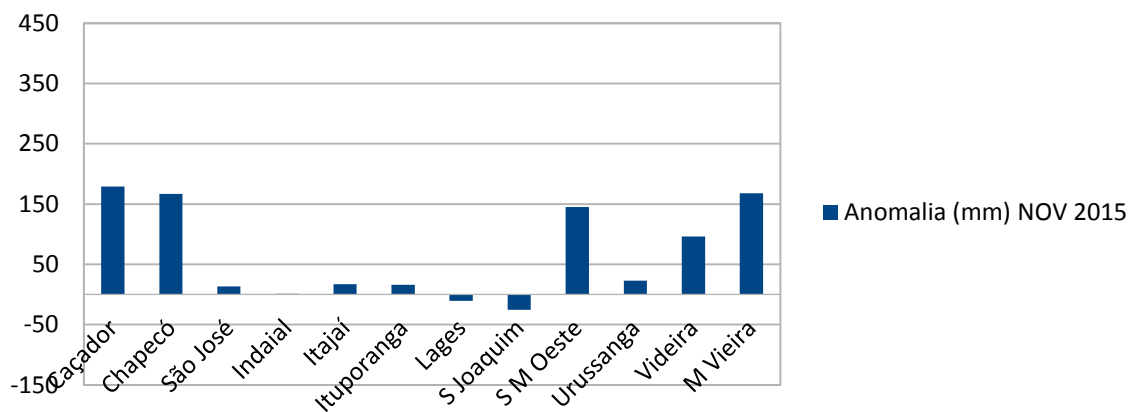
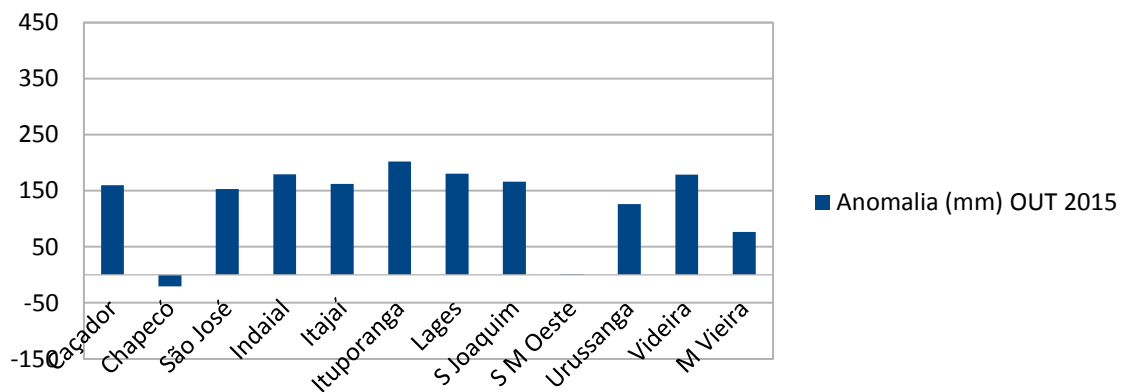
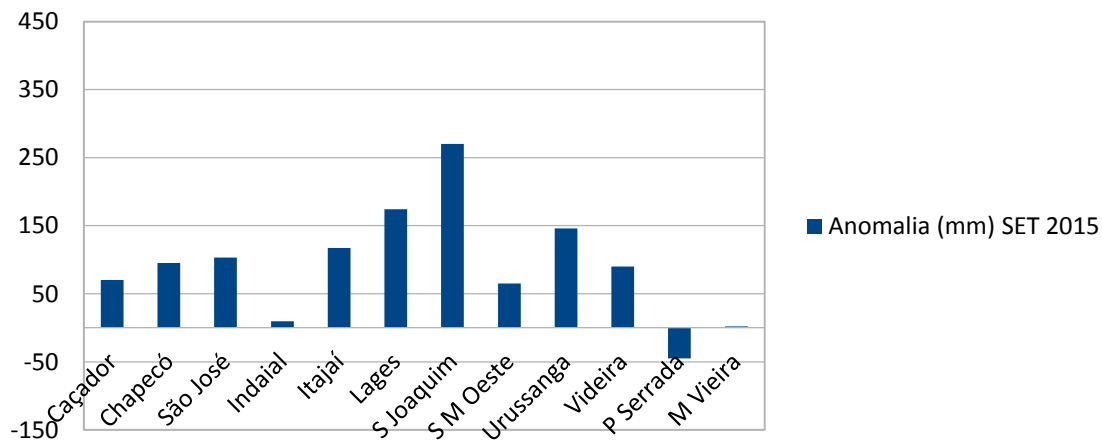
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2015	0.6	0.5	0.6	0.7	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.2	2.3
2016	2.2	2.0	1.6	1.1	0.6	0.1	-0.3	-0.6	-0.7			

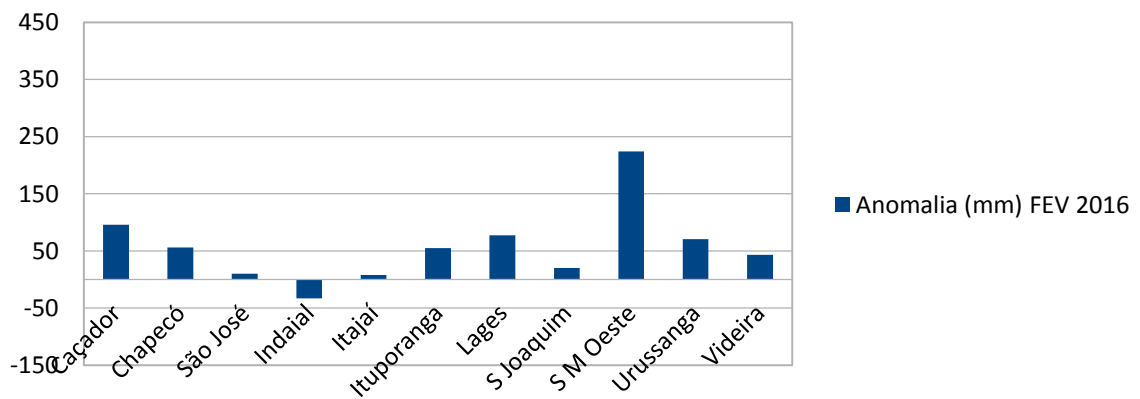
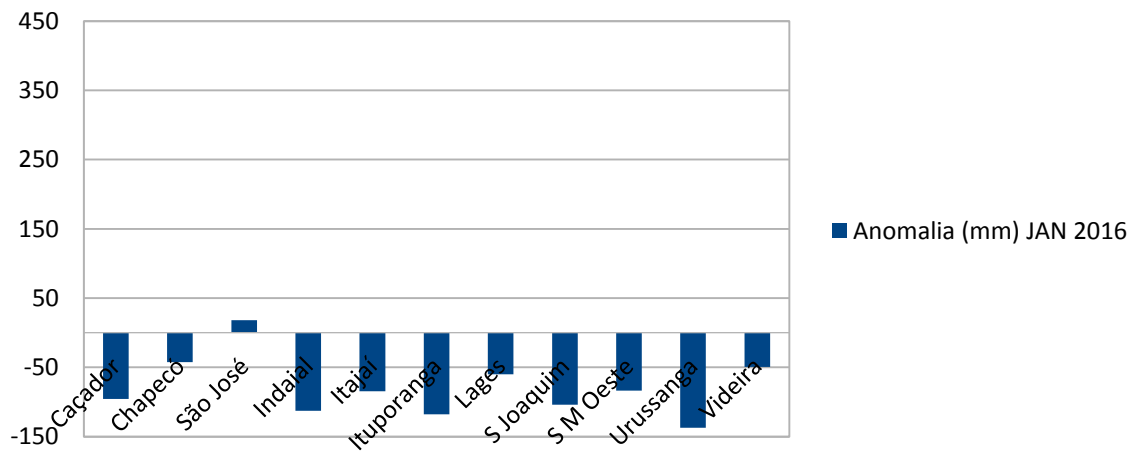
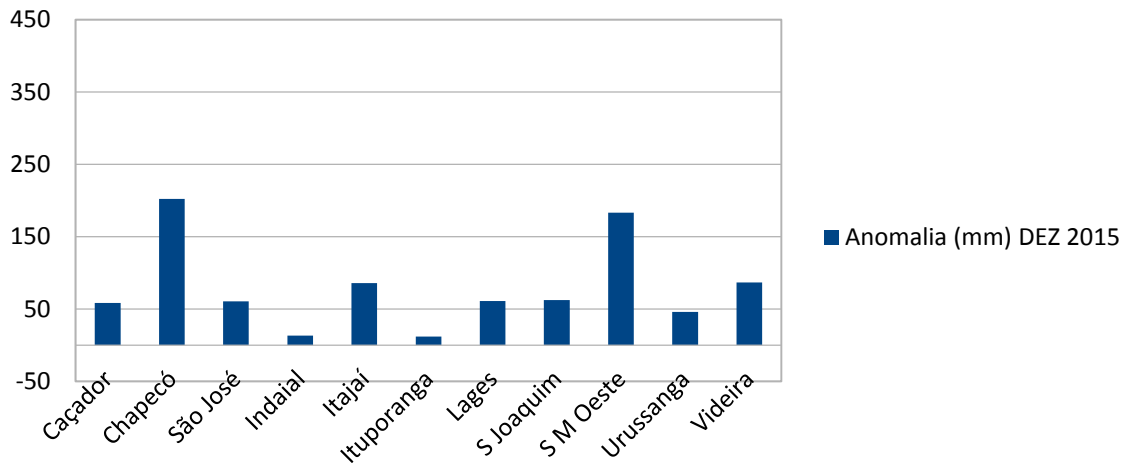
Fonte:

<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>.

Acesso em: 1 jun. 2017.







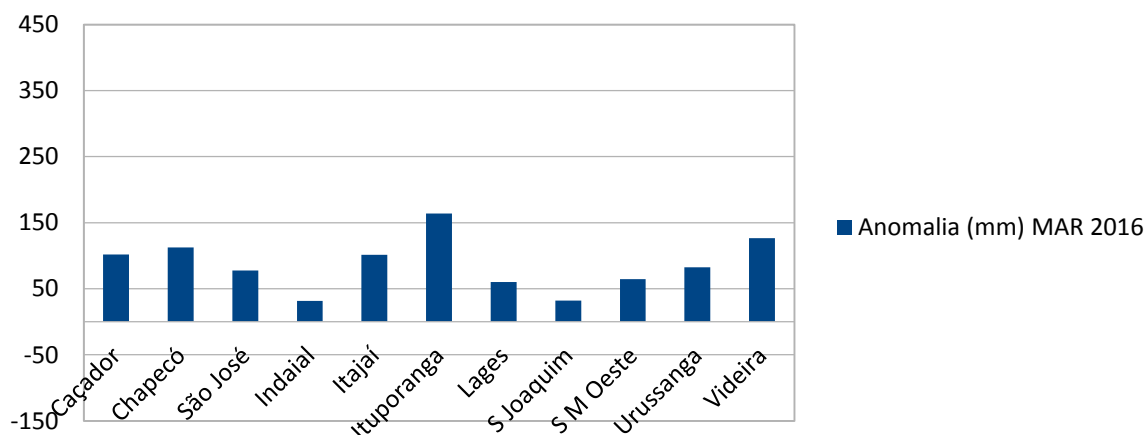


Figura 2 - Anomalia de precipitação em municípios (estações INMET) em diferentes regiões de Santa Catarina entre Junho 2015 e Março 2016.

A quantidade de frentes frias por mês não foi afetada significativamente pelo evento de 2015-16. Na maioria dos meses a quantidade de frentes não variou muito em relação à média (baixo desvio padrão), mas no final do verão e durante o outono, houve desvios maiores. No geral, a quantidade de frentes passando pelo Sul do Brasil (usando o litoral de Santa Catarina como parâmetro) ficou entre a média e ligeiramente acima da média (tabela 2) se comparada com a média mensal do período 1990-99, definidas no estudo de Rodrigues et al. (2004).

Tabela 2 - Quantidade de frentes frias registradas por mês durante o evento de 2015-16 comparada com a média entre 1990-99 (parâmetro 30°S, 47.5°W).

	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Média
Média 90-99	3.0	3.5	3.5	4.1	4.3	4.3	3.4	3.5	3.0	3.7	3.1	3.58
2015-16	4	4	3	4	5	5	4	4	7	1	6	4.27

Fonte: Rodrigues et al., 2004.

A temperatura média também ficou acima da média na maior parte da Região Sul do Brasil na maioria dos meses do período Junho/2015 – Março/2016 (tabela 3).

Tabela 3 - Anomalias mensais de temperatura de Junho de 2015 a Março de 2016 em relação à média 1961-90 de cada mês do período. Dados de estações convencionais INMET (BDMEP – Dados históricos).

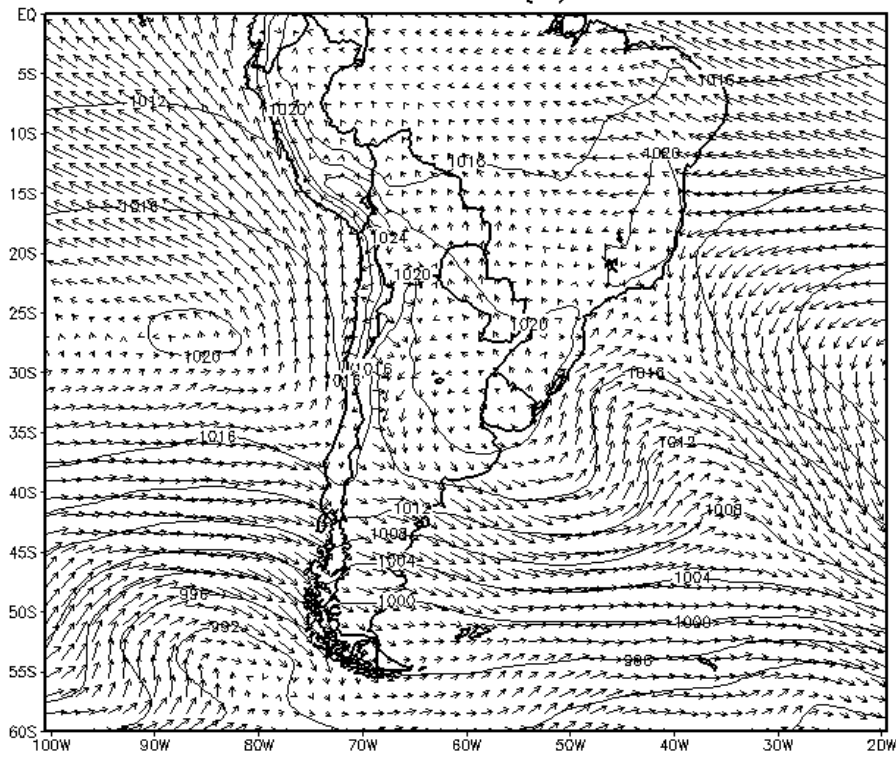
Estação	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	JAN	FEV	MAR
Florianópolis/São José – SC	+1.6	+1.6	+3.4	+1.7	+0.5	+0.9	+1.6	+1.6	+1.6	+1.0
Porto Alegre-RS	+1.2	+1.3	+5.0	+0.5	-0.2	-0.2	+0.6	+1.3	+1.4	-0.2
Curitiba – PR	+1.8	+2.1	+3.3	+3.1	+1.9	+1.1	+2.5	+0.9	+1.7	+1.2
Santa Maria-RS	+1.0	+0.9	+5.9	+0.3	0.0	-0.2	+0.4	+1.4	+1.4	-0.4
São Joaquim-SC	+0.4	+0.4	+3.4	+0.6	+1.5	+0.6	+1.6	+1.0	+1.3	-0.5
Maringá-PR	+2.0	+0.6	+3.0	+2.6	+2.9	+0.3	+0.6	+1.1	+0.6	+0.4
Chapecó-SC	+1.7	-0.1	+4.5	+2.0	+1.8	+0.3	+0.8	+1.8	+1.1	-0.8
Caxias do Sul-RS	+1.4	+1.2	+5.4	+0.7	+0.6	+0.3	+1.5	+1.6	+2.0	+0.2

Fonte: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>Acesso: 12 Julho 2017.

5.1 JUNHO, JULHO, AGOSTO

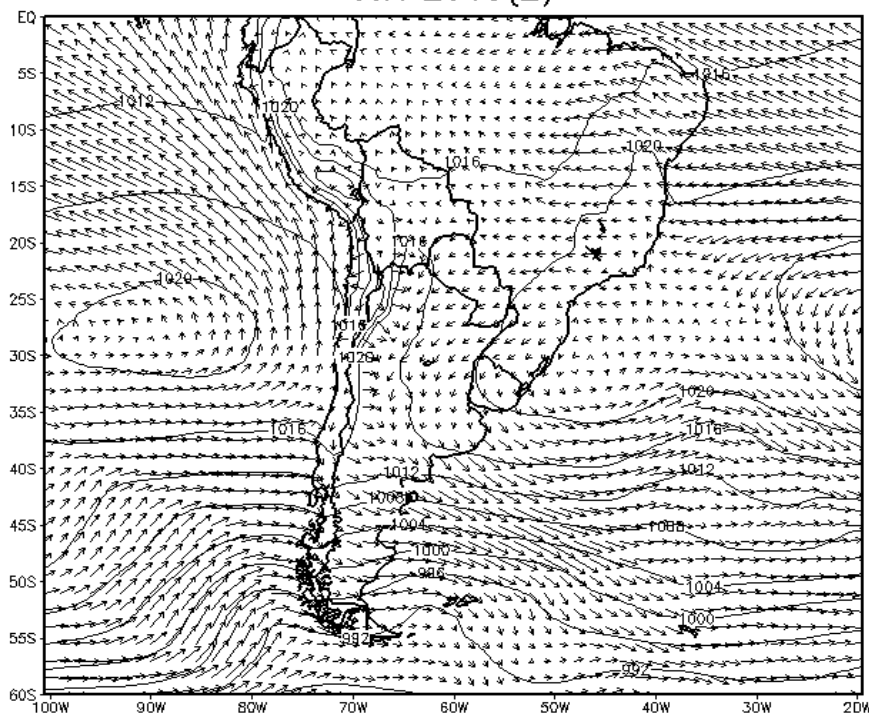
O padrão natural para o inverno é que os ventos virem de sudoeste (minuano) após a passagem da frente fria, com o avanço da massa polar continental. No inverno de 2015 (figura 3), porém, isso não foi observado com a mesma frequência do que é esperado. A menor quantidade e intensidade de massas de ar frio (a maioria deles oceânicas), bem como o deslocamento mais devagar das frentes fez com que o padrão médio de deslocamento desses sistemas ficasse mais próximo do que ocorre no verão, com ventos de sudeste ou fraco após a passagem da frente. A frequência de frentes frias no inverno ficou dentro da média, como visto na tabela 2.

JJA 2015(1)



GRAF

JJA 2015(2)



GRADS: COLA/IGES

10

Figura 3 – Padrão médio de ventos a 10 m e pressão ao nível do mar (a) um dia antes (-1), (b) no dia (0), (c) um dia depois (1) e (d) dois dias depois (2) da passagem de frentes frias na Região Sul do Brasil no trimestre Junho/Julho/Agosto 2015.

Os dois únicos meses do período El Niño 2015-16 em que as chuvas ficaram abaixo da média em Santa Catarina foram Agosto de 2015 e Janeiro de 2016, em parte devido ao bloqueio atmosférico e ao posicionamento mais ao sul do Jato Subtropical durante esses meses. Mas mesmo com um Agosto mais seco, o inverno foi, no geral, mais chuvoso do que o normal em toda a Região.

O posicionamento do jato subtropical sobre a Região Sul favoreceu o desenvolvimento de instabilidades e de sistemas de baixa pressão (figura 4). Além disso, sua forte intensidade dificultou o avanço de frentes frias, deixando-as quase que estacionárias sobre Santa Catarina, contribuindo para o aumento da precipitação de longa duração, que permanece alguns dias, provocando alagamentos e enchentes. Essa configuração também se repetiria na primavera. O jato mais fortalecido também dificultou a incursão de massas de ar frio sobre a Região Sul do Brasil, deixando as temperaturas bem acima da média no inverno. Além disso, a Oscilação Antártica (AAO) também permaneceu positiva durante o inverno (NCEP/NOAA, 2017), fortalecendo o jato polar, impedindo a formação de ondulações que resultassem em cristas e cavados significativos no Sul do Brasil em 500 hPa (figura 5), mantendo as ondas de frio na Antártida.

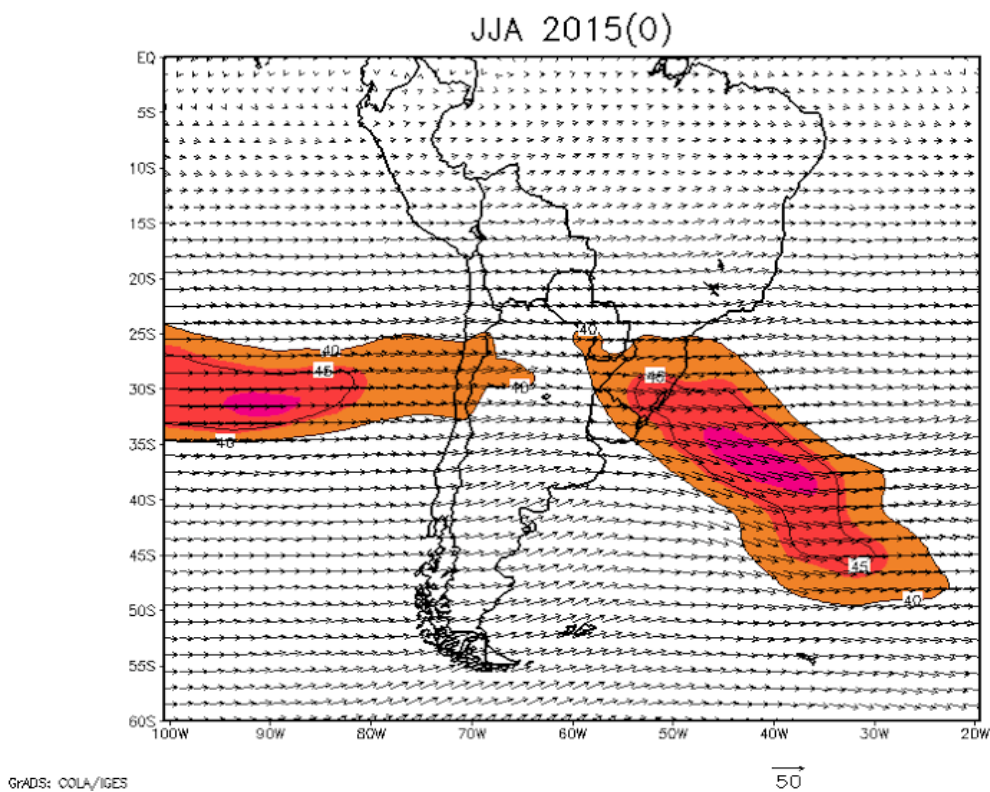
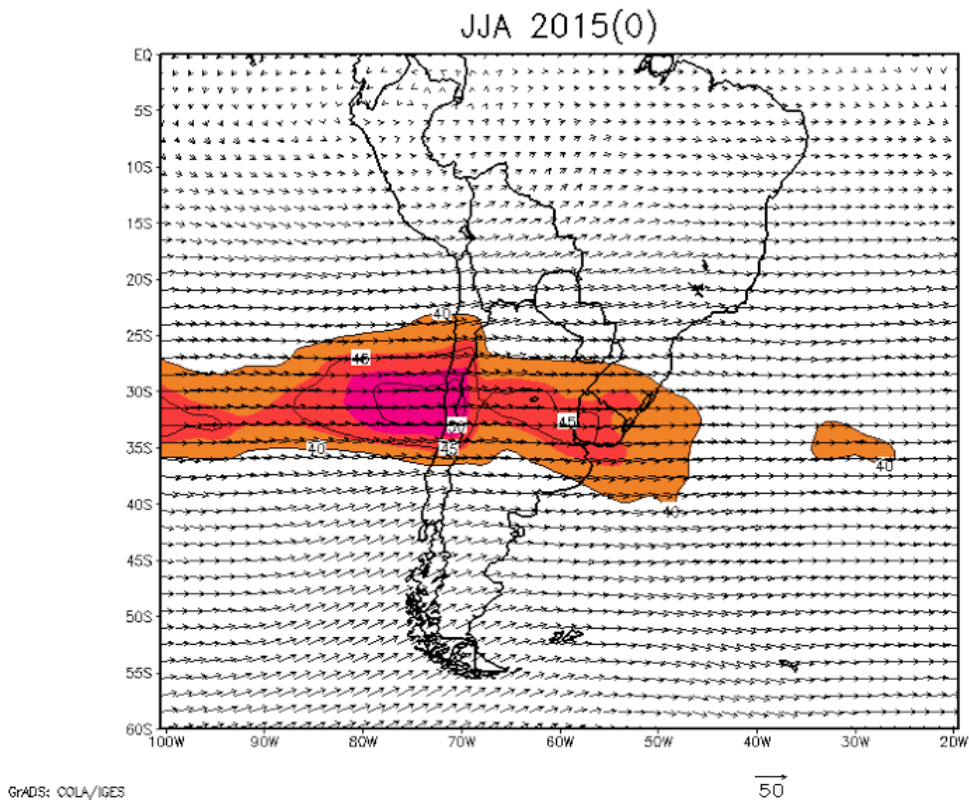
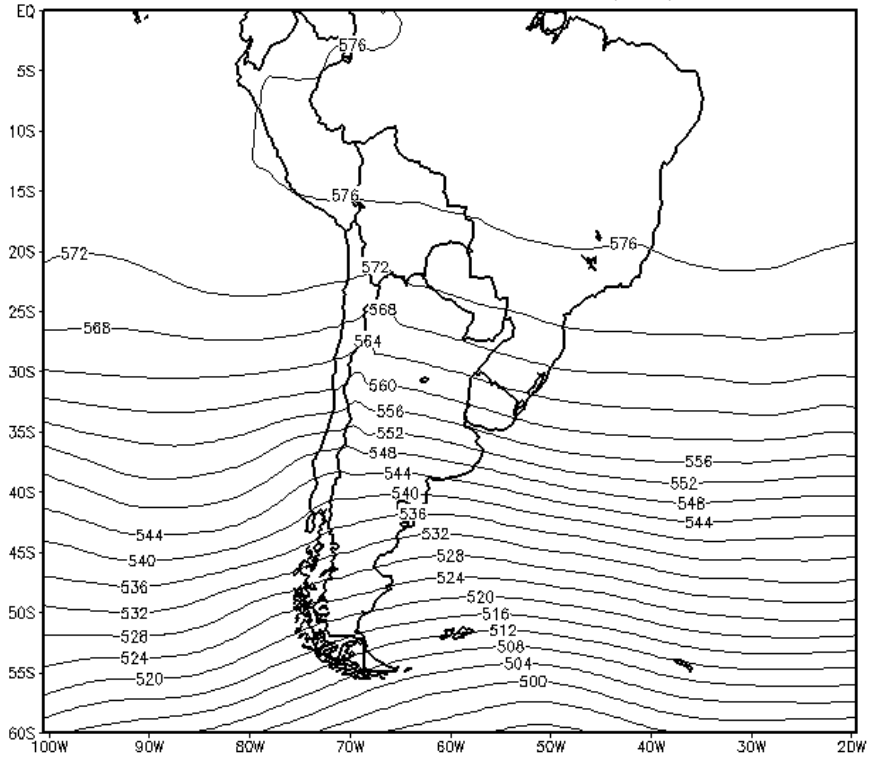


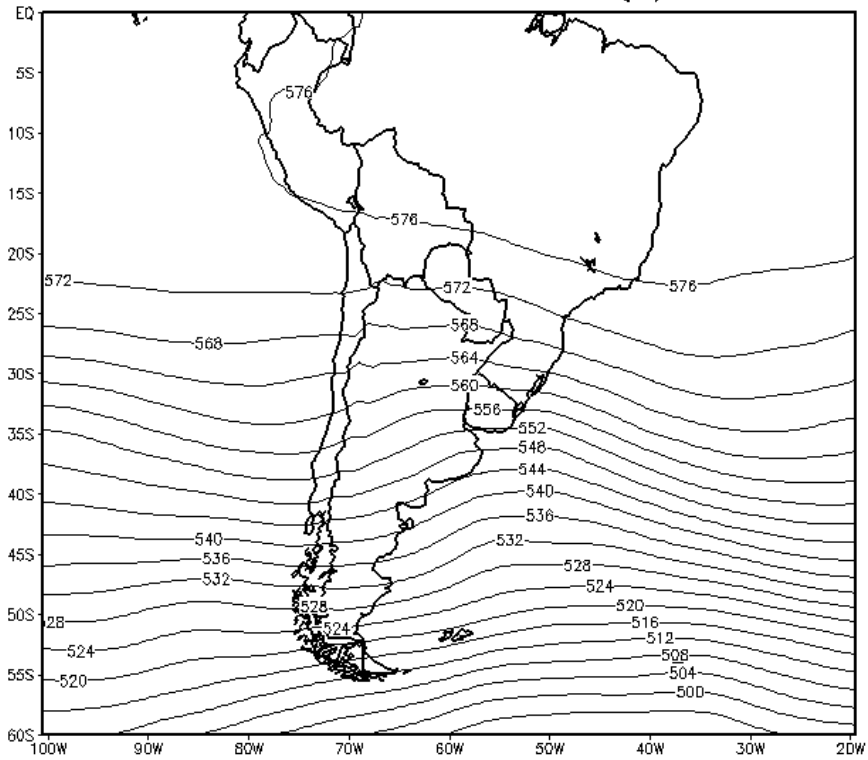
Figura 4 - Padrão médio do Jato Subtropical (200 hPa) (a) um dia antes (-1) e (b) no dia (0) da passagem de frentes frias na Região Sul do Brasil no trimestre Junho/Julho/Agosto 2015.

GEO 500 mb JJA 2015(-1)

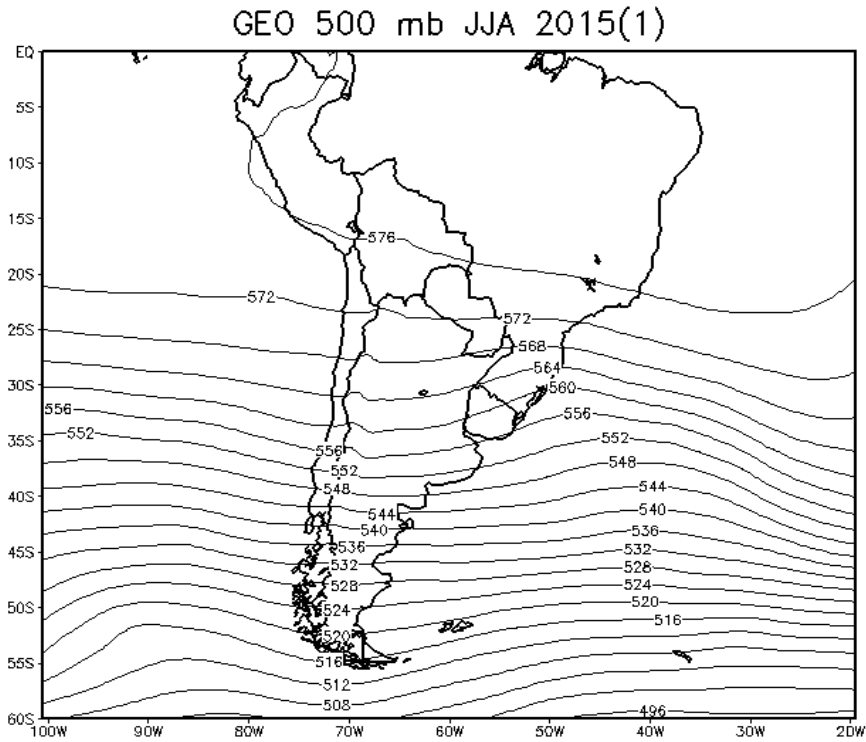


GrADS: COLA/IGES

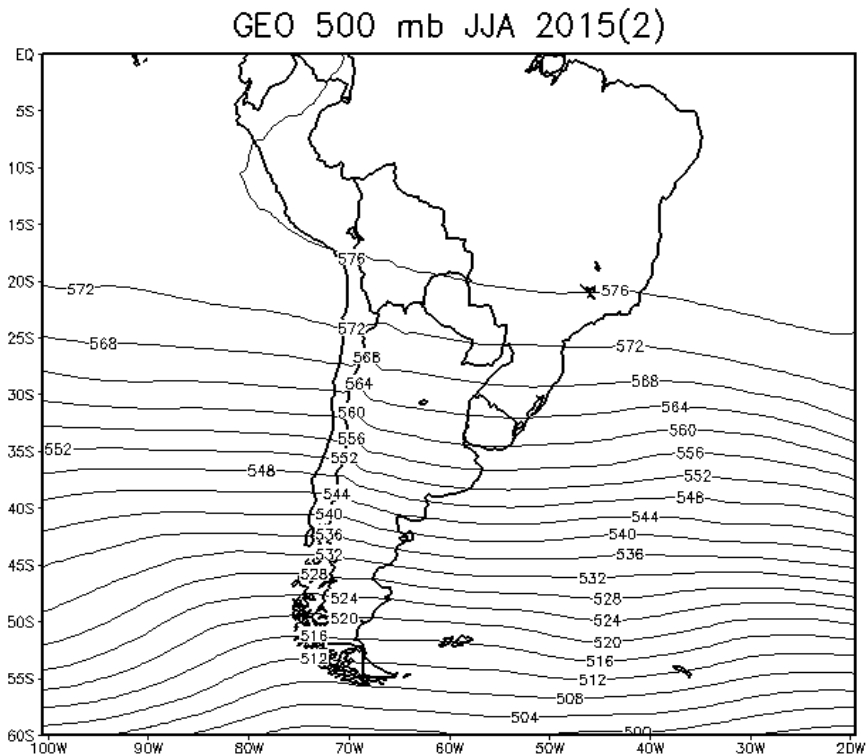
GEO 500 mb JJA 2015(0)



GrADS: COLA/IGES



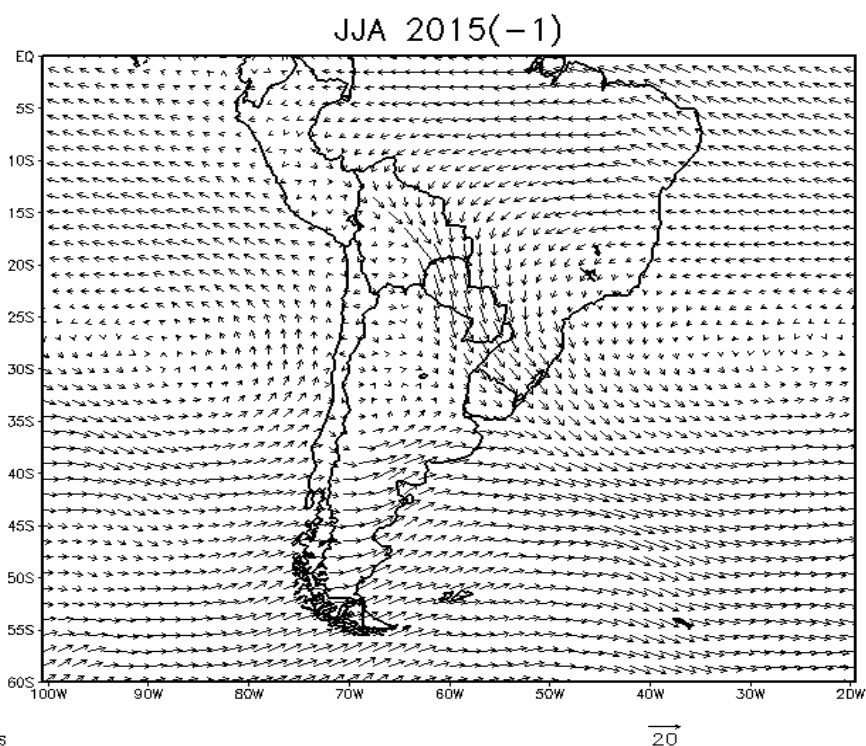
GrADS: COLA/IGES



GrADS: COLA/IGES

Figura 5 - Altura geopotencial (decâmetros) (a) um dia antes (-1), (b) no dia (0), (c) um dia depois (1) e (d) dois dias depois (2) da passagem de frentes frias na Região Sul do Brasil no trimestre Junho/Julho/Agosto 2015.

O jato de baixos níveis (850 hPa) também apresentou-se mais forte do que o normal, especialmente durante períodos pré-frontais (figura 6), justamente devido aos sistemas de baixa pressão no Paraguai e também devido à influência do jato subtropical. A influência do jato de baixos níveis também contribuiu para um inverno mais quente e chuvoso, já que esse jato ajudou não apenas no transporte do ar úmido equatorial, mas também na convergência de umidade para a Região Sul.



GrADS: COLA/IGES

Figura 6 - Ventos médios a 850 hPa um dia antes (-1) da passagem de frentes frias na Região Sul do Brasil no trimestre Junho/Julho/Agosto 2015.

Os dois únicos meses do período El Niño 2015-16 em que as chuvas ficaram abaixo da média em Santa Catarina foram Agosto de 2015 e Janeiro de 2016, em parte devido ao bloqueio atmosférico e ao posicionamento mais ao sul do Jato Subtropical durante esses meses. Mas mesmo com um Agosto mais seco, o inverno foi, no geral, mais chuvoso do que o normal em toda a Região.

Devido à menor incursão de massas de ar frio no inverno, ao devagar avanço das frentes (que às vezes se tornariam estacionárias), bem como ao forte bloqueio atmosférico de Agosto, a quantidade de ciclones extratropicais na costa ficou abaixo da

média durante o inverno. Ainda assim, um forte ciclone extratropical nos dias 13 e 14 de Julho foi a causa de tempo severo, com temporais de granizo e ventos de quase 100 km/h em grande parte do estado de Santa Catarina (figura 7). Também foi nesse período em que foram registradas as maiores precipitações diárias no estado, com valores de até 140 mm registrados no Oeste e Meio-Oeste (em um período de 12 horas).

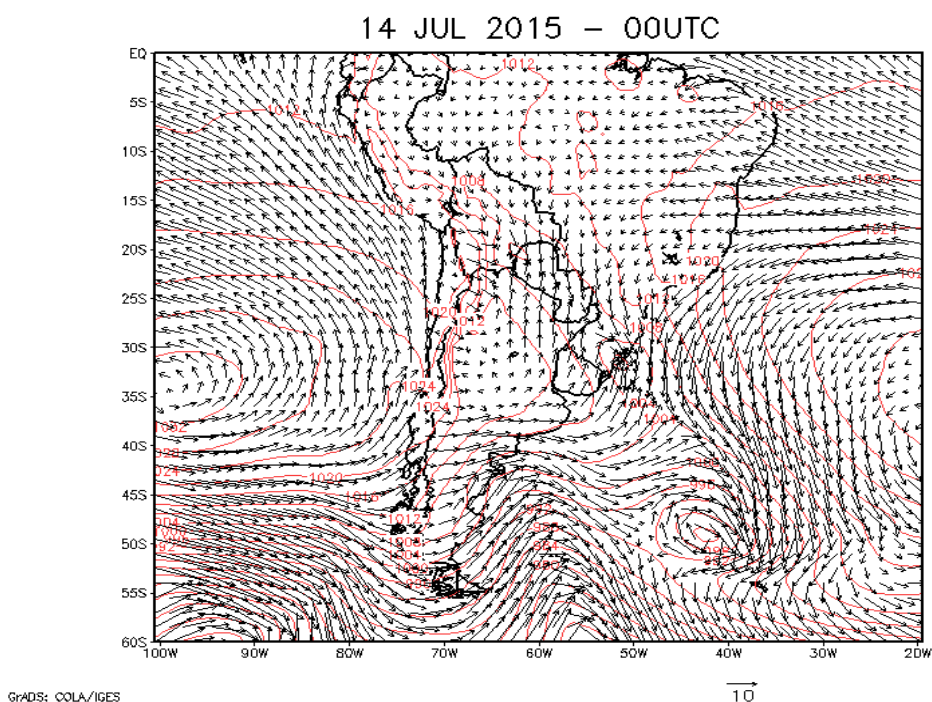


Figura 7 - Ciclone extratropical na costa do Rio Grande do Sul, com centro de cerca de 1000 mb, em 14 de Julho de 2015.

5.2 SETEMBRO, OUTUBRO, NOVEMBRO

Durante a primavera 2015, também houve registro de um jato subtropical intenso sobre o Sul do Brasil (figura 8), contribuindo para que as frentes permanecessem sobre a região por um tempo maior do que o normal. Nesse período, também é possível detectar uma significativa área de baixa pressão no Paraguai, antes e durante a passagem das frentes (figura 9), o que também viria a influenciar o jato de baixos níveis, intenso no dia da passagem das frentes frias (figura 10). Comparado ao período de inverno (figura 3), na primavera (figura 9) as massas de ar frio, em média, foram mais persistentes no Sul do Brasil após a passagem frontal.

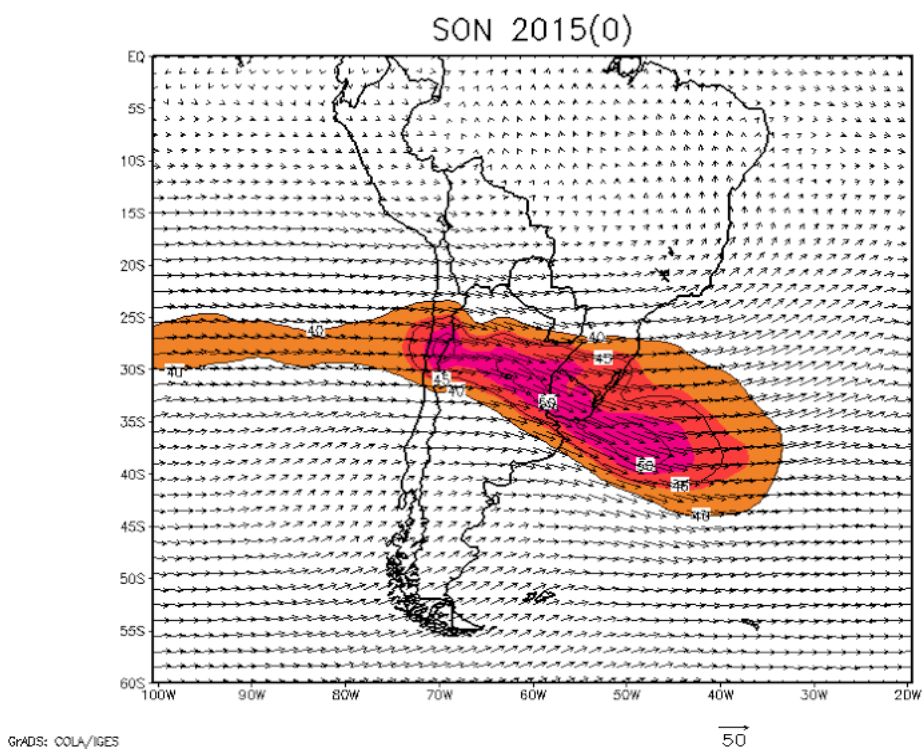
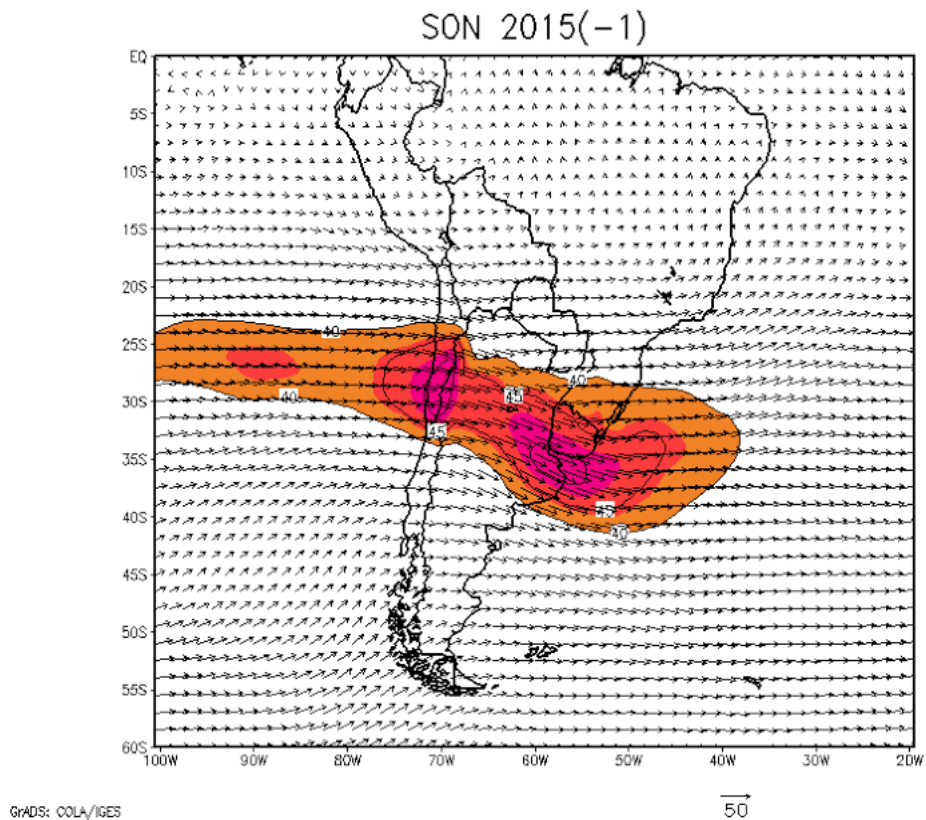
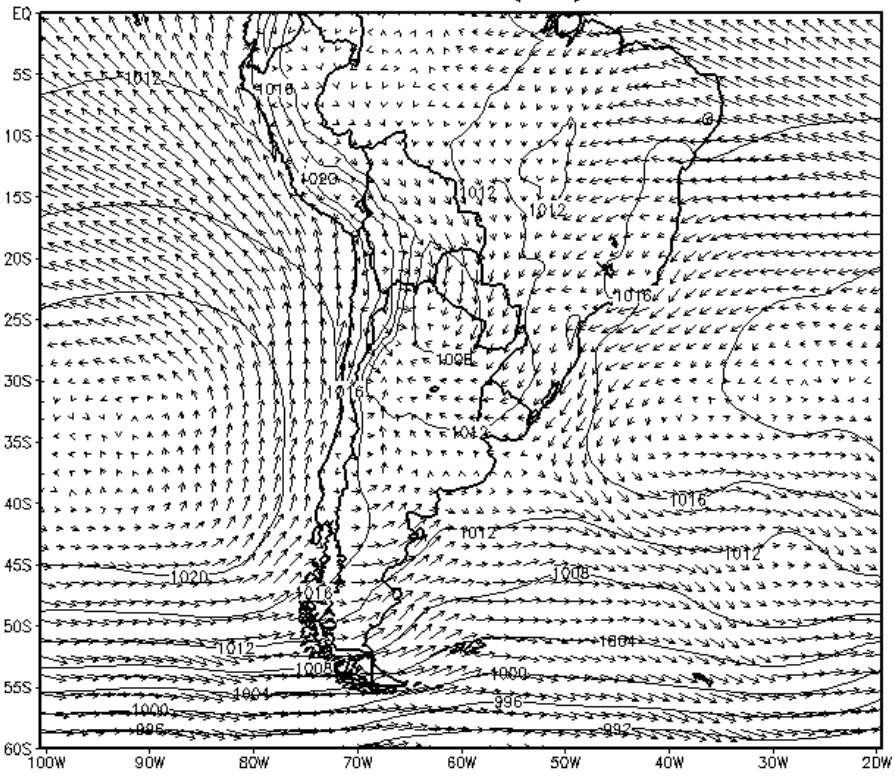
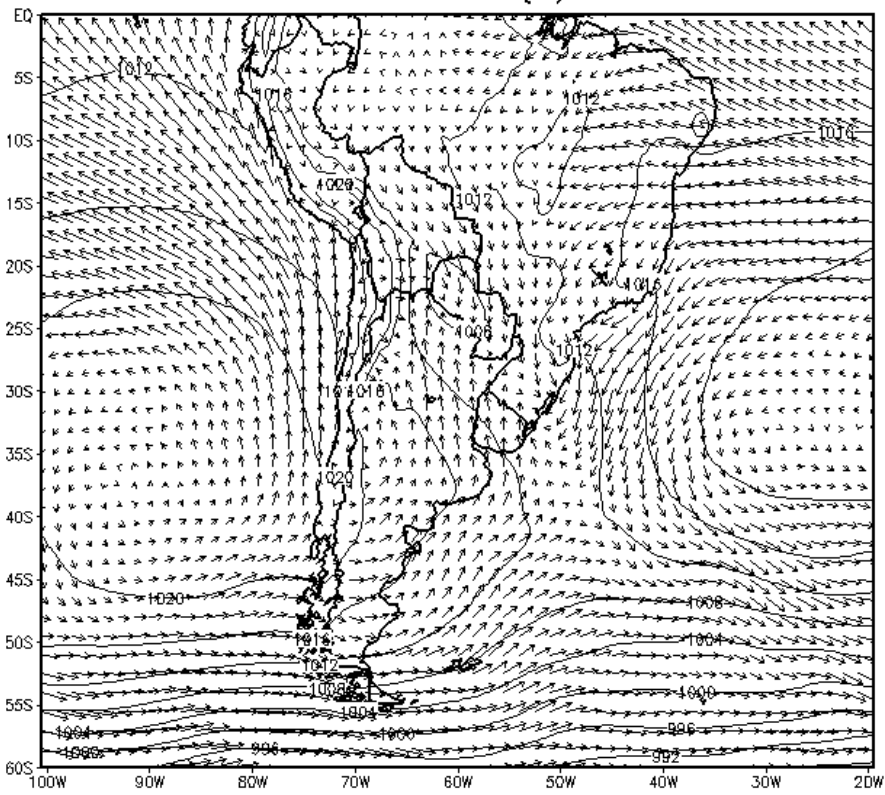


Figura 8 - Padrão médio do Jato Subtropical (200 hPa) (a) um dia antes (-1) e (b) no dia (0) da passagem de frentes frias na Região Sul do Brasil no trimestre Setembro-Outubro-Novembro 2015.

SON 2015(-1)



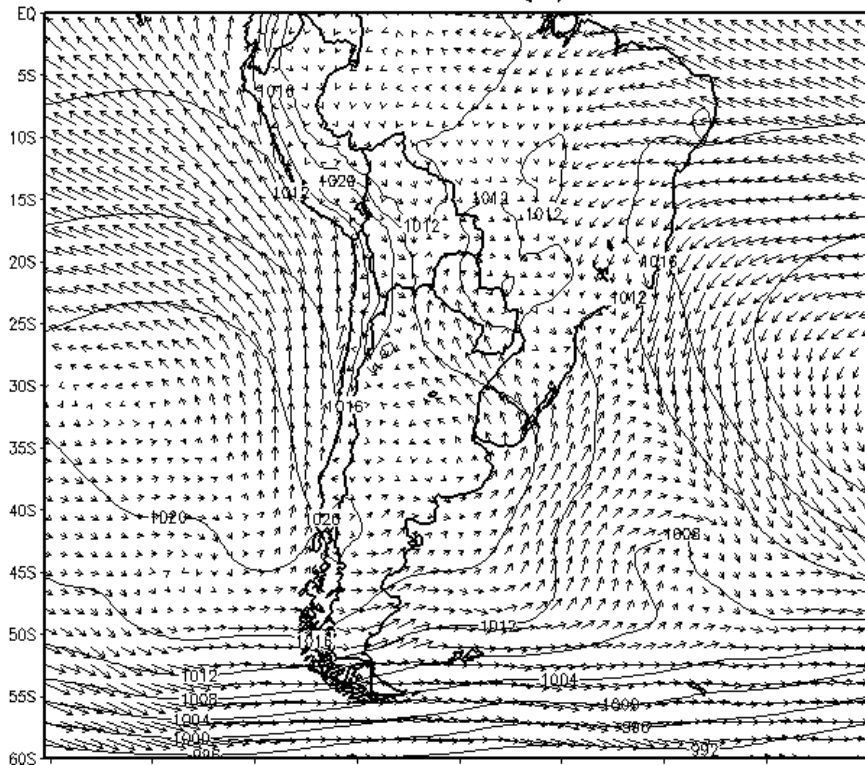
SON 2015(0)



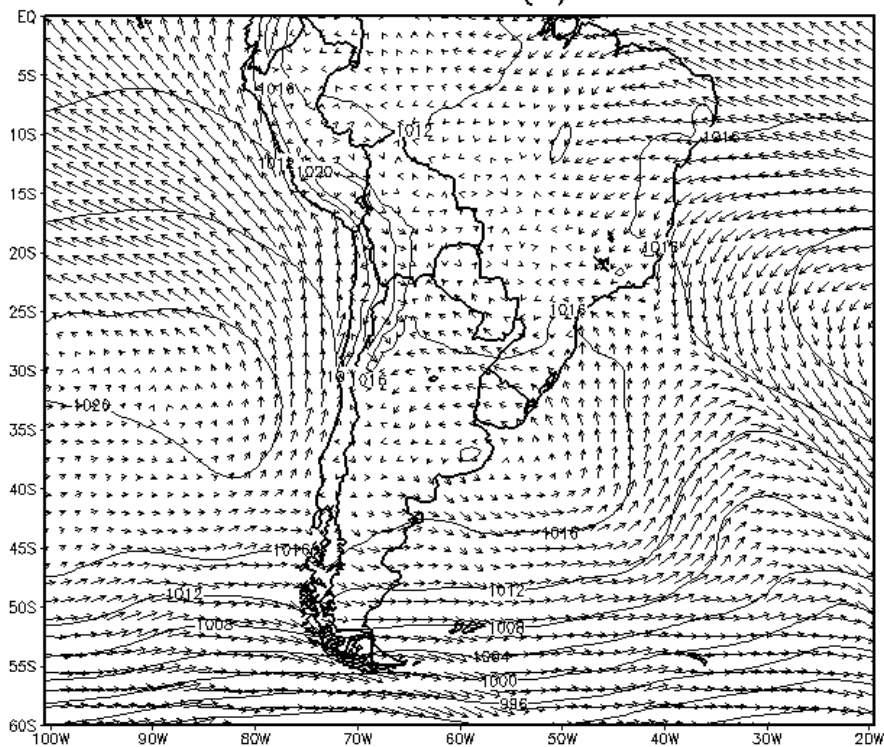
GRADS: COLA/IGES

→
10

SON 2015(1)



SON 2015(2)

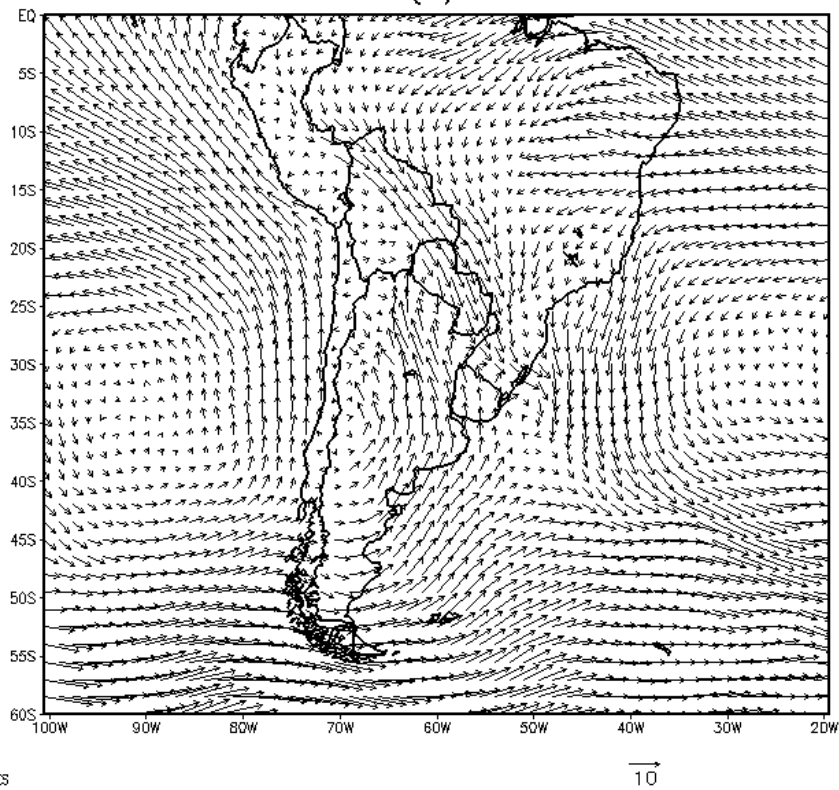


GrADS: COLA/IGES

10

Figura 9 – Padrão de ventos a 10m e pressão ao nível do mar (a) um dia antes (-1), (b) no dia (0), (c) um dia depois (1) e (d) dois dias depois (2) da passagem de frentes frias na Região Sul do Brasil no trimestre Setembro/Octubro/Novembro 2015.

SON 2015 (0) - 850 mb



SON 2015 (1) - 850 mb

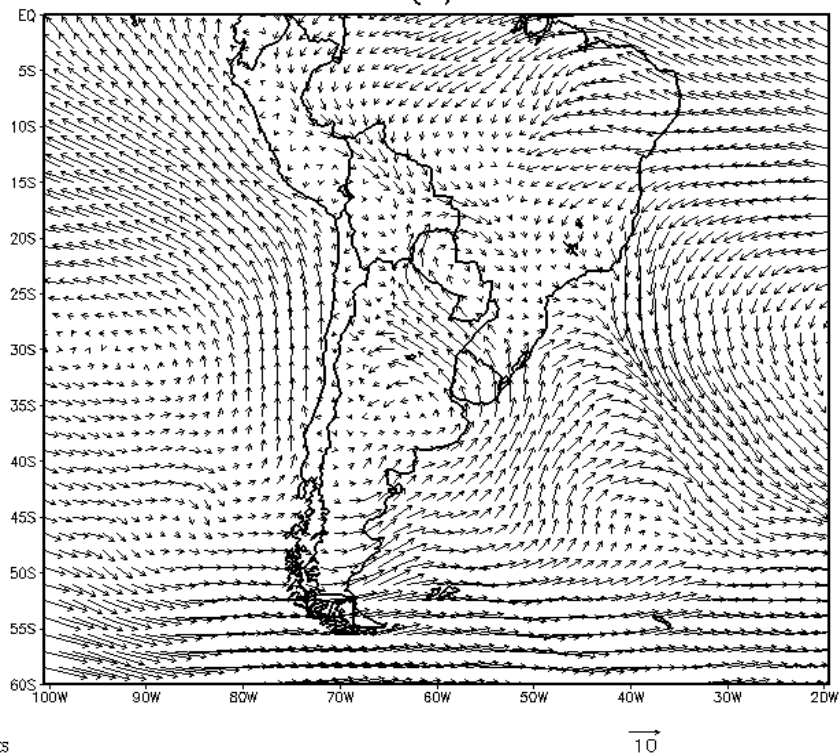


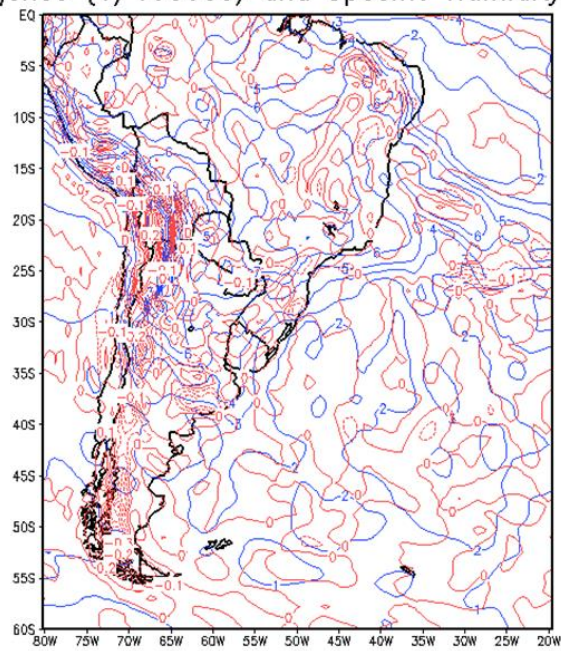
Figura 10 - Ventos médios a 850 hPa (a) no dia (0) e (b) um dia depois (1) da passagem de frentes frias no trimestre Setembro-Outubro-Novembro 2015.

Com 4 registros de frentes em Setembro, 5 em Outubro e 5 em Novembro, o número de frentes ficou dentro do normal a ligeiramente acima do normal para a primavera, assim como foi no inverno (tabela 2). Tanto em Setembro quanto em Outubro, frentes frias que lentamente se deslocaram sobre a Região foram responsáveis pela maior parte da precipitação nesses meses, como os casos de 16-18 de Setembro, 08-11 de Outubro, e 20-22 de Outubro (SILVA, 2015, 2016). Em Novembro, a maior parte da precipitação sobre o Oeste/Norte do estado de SC estava relacionada a sistemas de baixa pressão no Paraguai (sem frente fria), pois as frentes estiveram mais restritas ao litoral e eram de fraca intensidade.

Na primavera/2015, as frequentes chuvas (sem estiagens), e não isolados eventos extremos, foram responsáveis pela grande anomalia positiva de precipitação. Esse padrão foi verificado principalmente em Novembro. Por exemplo, em Chapecó-SC, nesse mês, a estação do INMET registrou 19 dias com precipitação significativa, e o maior valor diário foi de 50 mm. Já em Novembro/2016, sem El Niño, quando a anomalia de precipitação ficou mais próxima da média, foram registrados 10 dias de chuva, com o maior valor diário sendo no dia 29, com 56 mm. Os outros anos recentes (2013, 2014) também se aproximaram muito mais do regime de precipitação de 2016, evidenciando que 2015 foi diferente. Esse padrão de chuva também foi registrado em várias outras cidades do interior da Região Sul do Brasil, na primavera de 2015, sem os períodos de estiagem característicos.

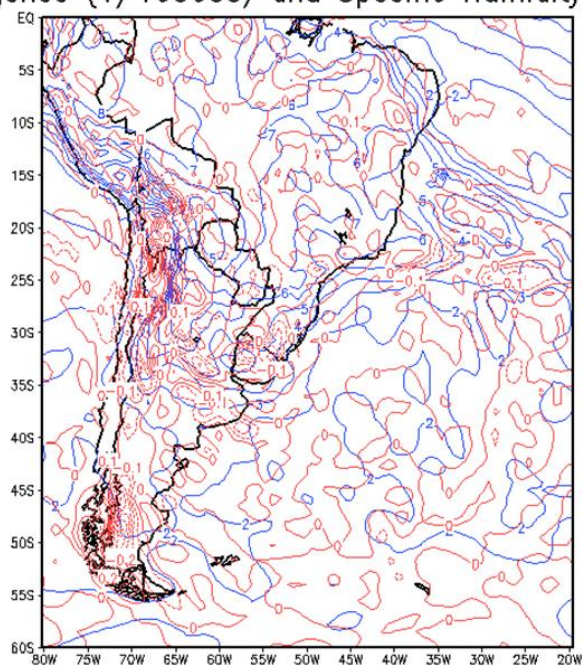
Dois casos de CCM foram registrados na primavera, nos dias 10 e 27 de Novembro, no Rio Grande do Sul e Santa Catarina (incluindo o norte da Argentina e o Paraguai). Houve também um CCM muito bem definido no dia 24 de Novembro que atingiu principalmente as regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil e também a metade norte do Paraná. O desenvolvimento de um CCM está muito associado à convergência de umidade (MADDOX, 1980, 1983), o que pode ser analisado nos campos médios de umidade específica e divergência de massa em médios/baixos níveis para os três casos de CCM de Novembro (figura 11).

Divergence (1/10000s) and Specific Humidity (g/Kg)



GrADS: COLA/IGES

Divergence (1/10000s) and Specific Humidity (g/Kg)



GrADS: COLA/IGES

Figura 11 - Divergência de massa (em vermelho) e umidade específica (em azul) durante (a) e no pico (b) da formação de CCMs na Região Sul do Brasil, para os três casos de Novembro 2015. Alta convergência de umidade (isto é, divergência negativa e alto valor de umidade específica) favorece o desenvolvimento de CCMs.

Além de precipitação acima da média, as anomalias de temperatura também foram positivas durante o trimestre Setembro-Outubro-Novembro 2015, principalmente por causa de temperaturas muito acima da média na segunda metade de Setembro, enquanto nos meses de Outubro e Novembro a temperatura ficou mais próxima da média histórica no litoral, e acima da média no interior de SC (SILVA, 2015).

Entre os dias 3 e 6 de Setembro, houve um forte evento de lestadada (figura 12), o que causou grandes acumulados de precipitação na Grande Florianópolis, Litoral Norte de Santa Catarina e do Paraná. No geral, as chuvas foram fracas, porém de longa duração, resultado em acumulados de até 50 mm em áreas próximas de Paranaguá-PR, e Indaial-SC.

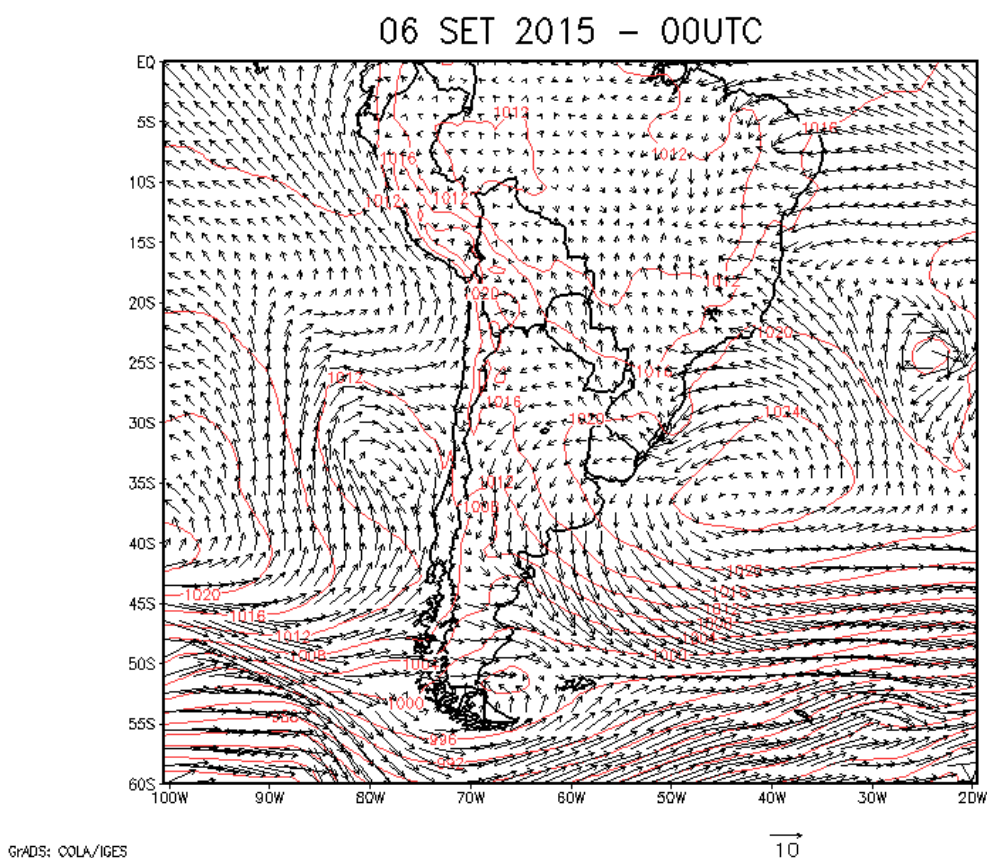
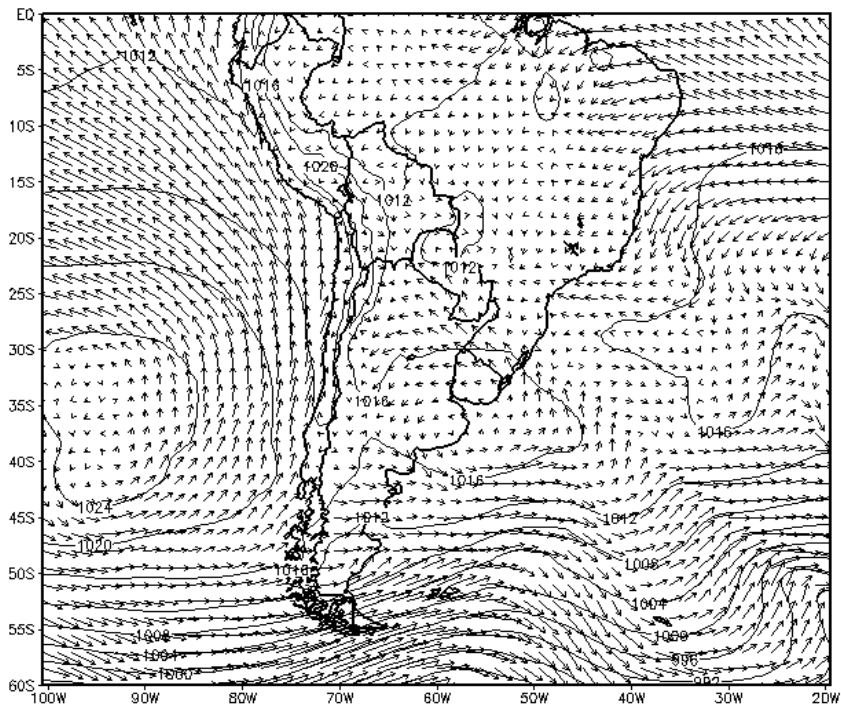


Figura 12 - Evento de 06 de Setembro de 2015, em que ventos de leste/nordeste estiveram associados à significativa precipitação no Litoral Norte de SC e do Paraná.

Eventos similares também aconteceram em Outubro (25-30/10), mas foi em Novembro que a frequência desses casos foi maior (02-05/11, 8-9/11, 17-18/11, 24-28/11) (SILVA, 2016). Esses eventos normalmente são comuns na primavera, mas em 2015 eles se comportaram de uma forma diferente do que é esperado para eventos de

lestada. Normalmente, se espera que eventos similares causem grande precipitação no litoral, mas ao mesmo tempo estiagens no interior. Exemplos significativos de lestada, como o de Novembro/2008, que causou inundações e devastou grande parte do Vale do Itajaí e Litoral Norte de SC, foram acompanhados de longos períodos sem chuva no Oeste do Estado (SILVA DIAS, 2009). Isso não ocorreu nestes eventos de Novembro/2015, pelo contrário, as precipitações no Oeste foram abundantes, sem qualquer período de estiagem. E a forte influência da baixa pressão no Paraguai, além de favorecer os CCMs, inibiu longos períodos sem chuva no interior de SC. Com a menor intensidade da chuva nos eventos de 2015, comparada ao de 2008, observou-se também uma alta pressão de menor intensidade no Atlântico Sul e ventos mais fracos vindo de leste (figura 13).

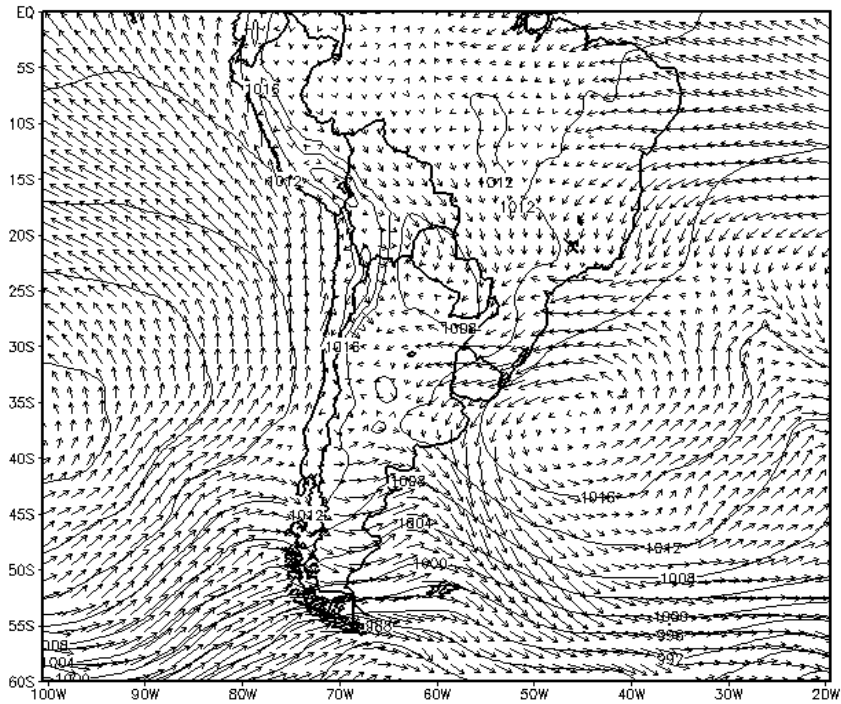
NOV 2015 - 1 - 00 UTC



GrADS: COLA/IGES

10

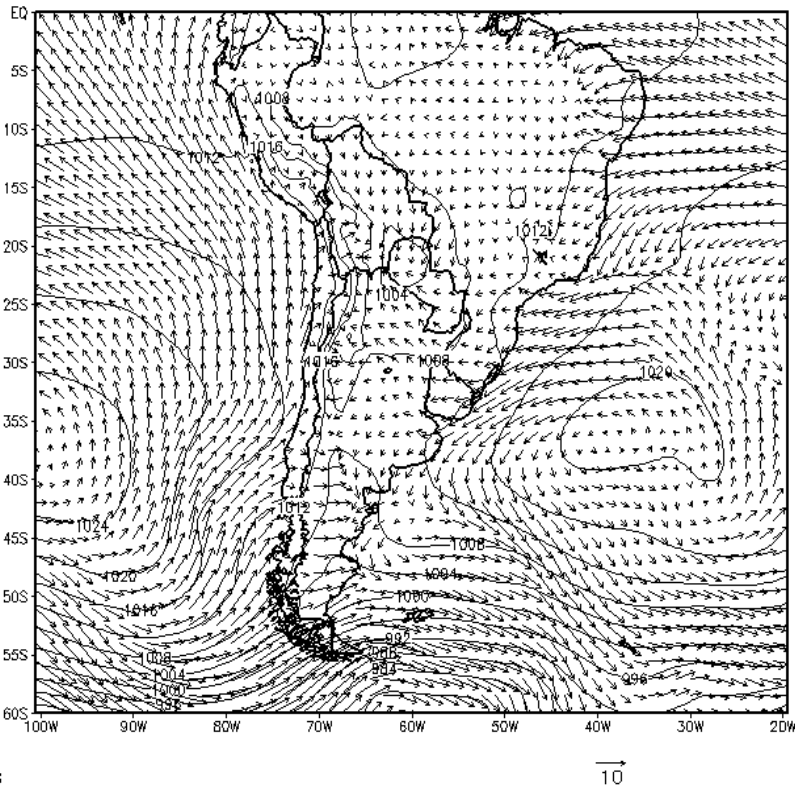
NOV 2015 - 1 - 12 UTC



GrADS: COLA/IGES

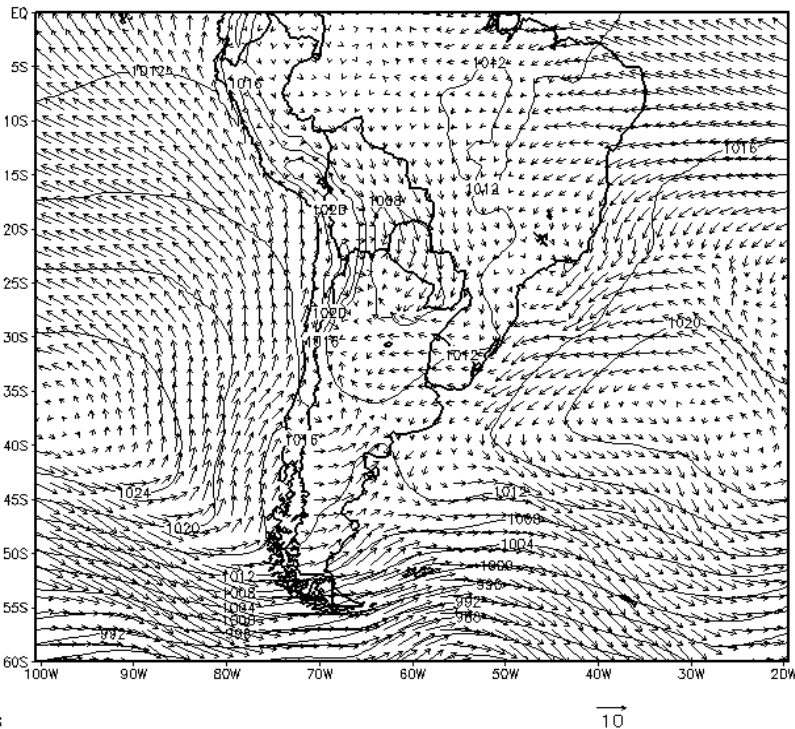
10

NOV 2015 - 2 - 00 UTC



GrADS: COLA/IGES

NOV 2015 - 2 - 12 UTC



GrADS: COLA/IGES

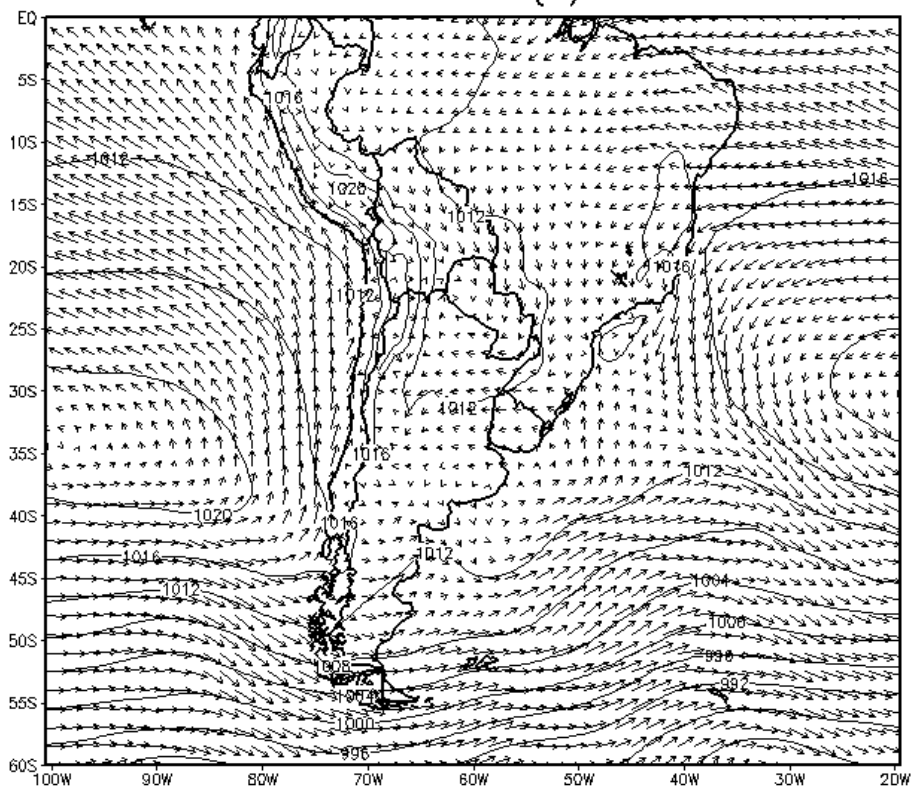
Figura 13 - Padrão médio de ventos a 10m e pressão ao nível do mar durante os eventos de lestada no litoral de SC no mês de Novembro 2015. Médias de (a) 00UTC e (b) 12UTC no primeiro dia da lestada, (c) 00UTC e (d) 12UTC no segundo dia.

5.3 DEZEMBRO, JANEIRO, FEVEREIRO

No período mais quente do ano (Dezembro-Fevereiro), o El Niño de 2015-16 teve uma influência menor sobre o clima na Região Sul do Brasil, tanto no quesito temperatura quanto precipitação (o que já era esperado desde que a maior influência do fenômeno é normalmente durante a primavera). De qualquer forma, os padrões de temperatura e precipitação ficaram de acordo com a média histórica para eventos El Niño (isto é, precipitação e temperatura média acima da média para a maior parte da região), e eventos significativos ocorreram durante esse período (PANDOLFO & VIEIRA, 2016).

A quantidade de frentes frias ficou acima da média, muito devido ao excesso de frentes em Fevereiro (tabela 3), mas suas influências, na maioria das vezes, mais fracas se comparadas às estações anteriores (figuras 14 e 15), principalmente em Janeiro e Fevereiro. Observa-se uma baixa pressão bem definida no Paraguai no dia da passagem das frentes, assim como a fraca intensidade do vento sul e ventos de leste no pós-frontal (figura 14). O jato de baixos níveis é identificado no dia da passagem das frentes (figura 15), enquanto o jato subtropical posiciona-se em latitudes mais ao sul.

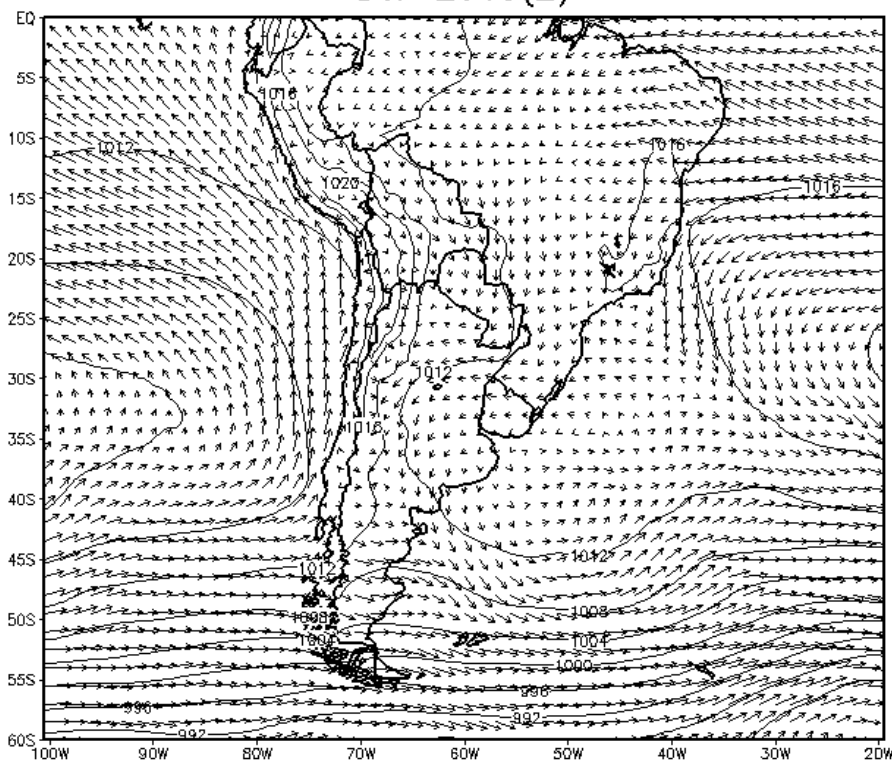
DJF 2015(1)



GRADS: COLA/IGES

10

DJF 2015(2)



GRADS: COLA/IGES

10

Figura 14 – Vento médio a 10m e pressão ao nível do mar (a) um dia antes (-1), (b) no dia (0), (c) um dia depois (1) e (d) dois dias depois (2) da passagem de frentes na Região Sul do Brasil em Dezembro/Janeiro/Fevereiro 2015-16.

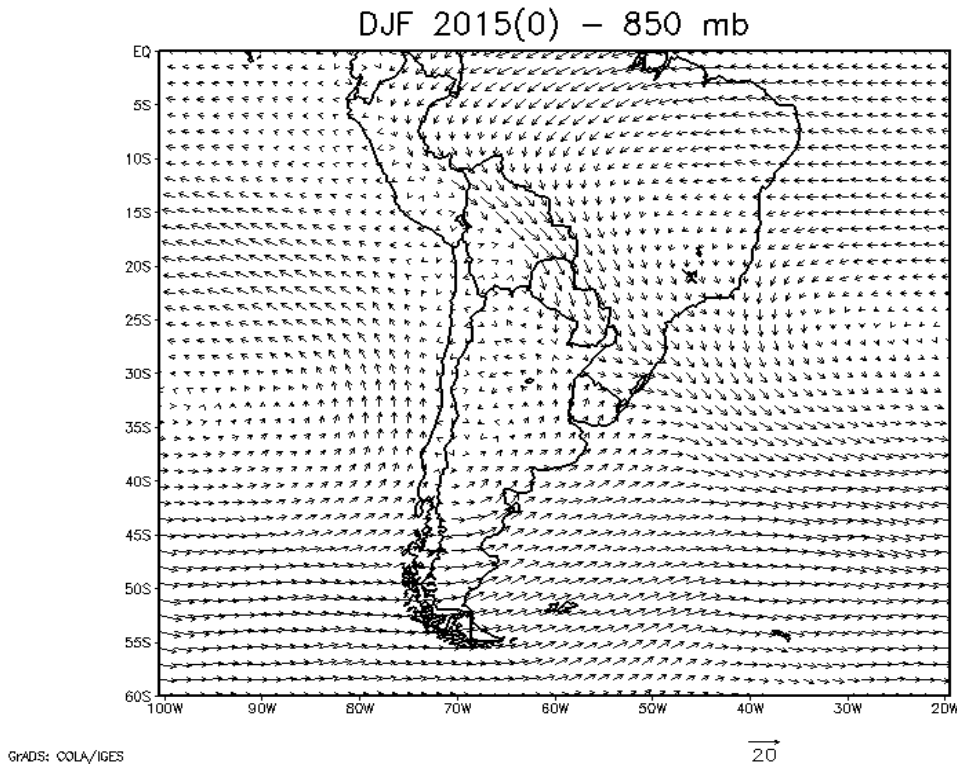


Figura 15 - Ventos médios a 850 hPa no dia da passagem de frentes frias no trimestre Dezembro/Janeiro/Fevereiro 2015-16.

O mês de Dezembro foi aquele com maior desvio positivo de precipitação no trimestre. O jato subtropical, embora mais ao sul em relação ao inverno e primavera, ainda influenciava diretamente a Região Sul do Brasil. Assim, todas as 4 frentes frias nesse mês (dias 4, 9, 13, 18) foram de forte intensidade e provocaram precipitação generalizada na maior parte da região, mesmo que elas tenham se deslocado principalmente pelo litoral.

Em Janeiro/2016, a configuração foi diferente em relação à primavera e ao mês de Dezembro do ano anterior. O jato subtropical se enfraqueceu e deslocou mais ao sul, afastando-se da Região Sul (figura 16). As 4 frentes foram de menor intensidade comparadas com o mês anterior. Além disso, uma massa de ar seco predominou entre os dias 14 e 24, inibindo a precipitação principalmente no Oeste da Região, enquanto as Regiões Sudeste e Centro-Oeste recebiam as chuvas devido à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Assim, a precipitação ficou na média ou abaixo da média na maior parte da Região Sul, especialmente Santa Catarina. Mas regiões mais próximas ao Sudeste, como o norte do Paraná (cidades de Maringá, Londrina) apresentaram precipitação bem acima da média.

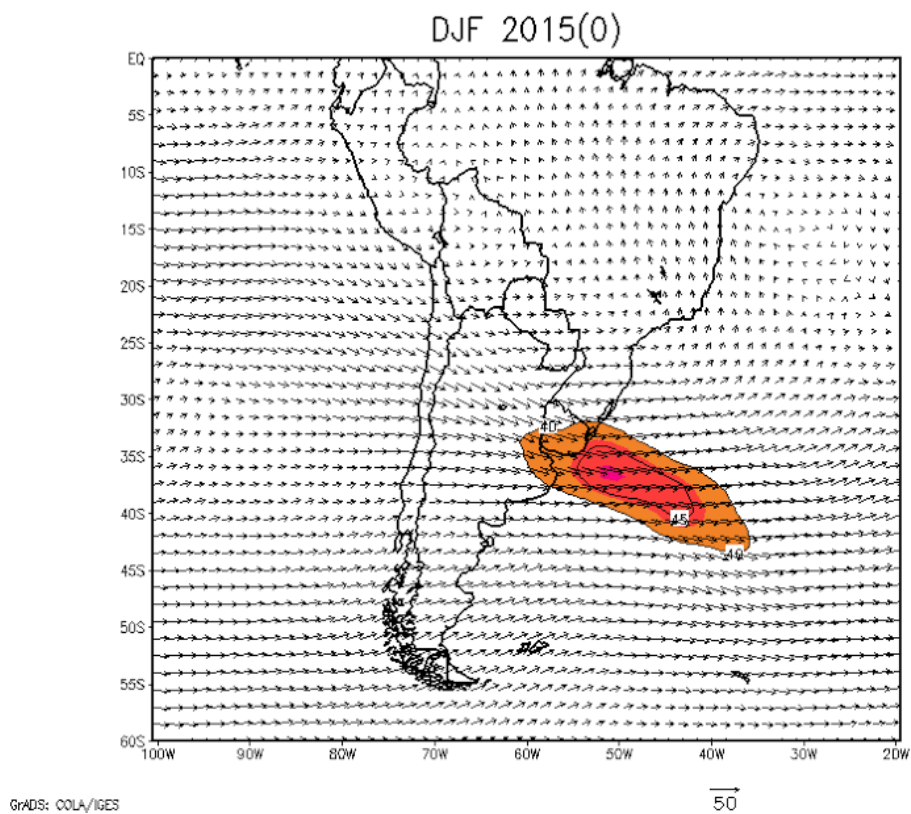
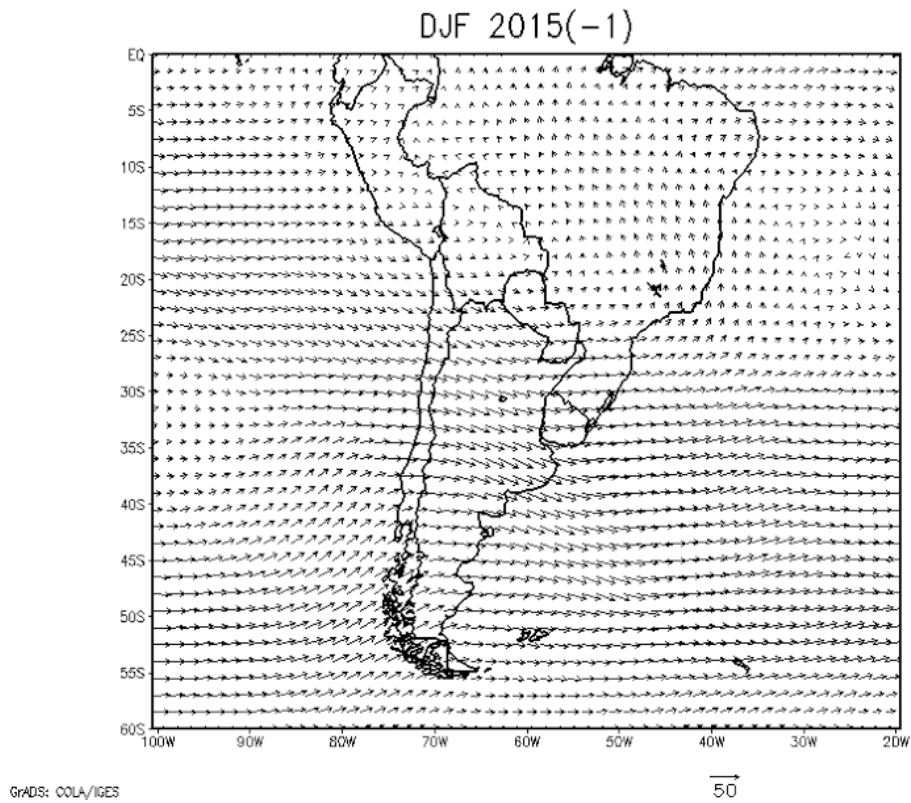


Figura 16 - Padrão médio do Jato Subtropical (200 hPa) (a) um dia antes (-1) e (b) no dia (0) da passagem de frente frias na Região Sul do Brasil no trimestre Dezembro/Janeiro/Fevereiro 2015-16.

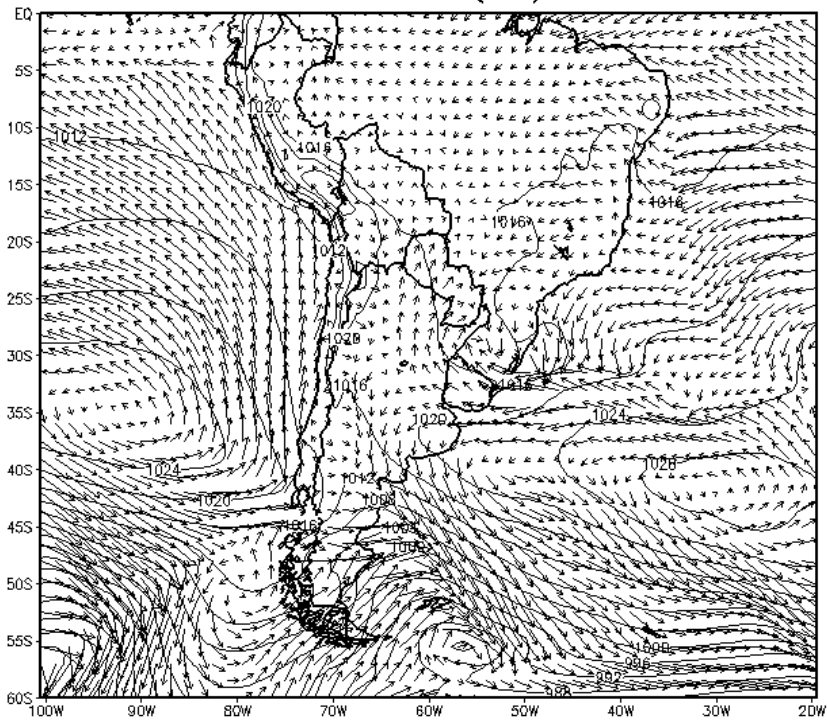
Em Fevereiro, o jato subtropical continuou posicionado longe da Região Sul. A quantidade de frentes, porém, foi surpreendentemente alta, com 7 registros. Embora a maioria tenha sido de fraca intensidade, duas delas causaram significativa precipitação (dias 9 e 27). A segunda delas foi seguida de uma massa de ar frio, a primeira forte do ano, que levou a temperatura a se aproximar do ponto de congelamento nas áreas mais altas das Serras Gaúcha e Catarinense, com registros de geada.

5.4 MARÇO, ABRIL E MESES SEGUINTE

A partir do outono, o El Niño já começou a se enfraquecer em intensidade, a temperatura do Oceano Pacífico Equatorial diminuiu e, com isso, a influência do fenômeno sobre o Sul do Brasil também passou a ser menor. Ainda assim, características típicas de El Niño dominaram a região no início da estação, especialmente no mês de Março.

Março/2016 foi um mês com chuvas acima da média na maior parte da Região Sul. Este mês foi caracterizado por uma forte atuação da corrente de jato sobre a Região Sul do Brasil, em latitudes mais ao norte do que o normal. Mas, sem dúvidas, a maior surpresa foi a grande quantidade de ciclones extratropicais que atingiram a região, com quatro registros (2-3/03, 8-9/03, 19-21/03 e 24-15/03, o que mais provocou chuvas em SC) (PANDOLFO & VIEIRA, 2016). Houve apenas um caso de frente fria nesse mês (dia 22), associada ao ciclone extratropical do dia 21 (figura 17). A temperatura ficou na média ou abaixo na maior parte da região, devido ao posicionamento mais ao norte do jato, abrindo espaço para que massas de ar menos aquecidas atingissem a Região Sul com frequência.

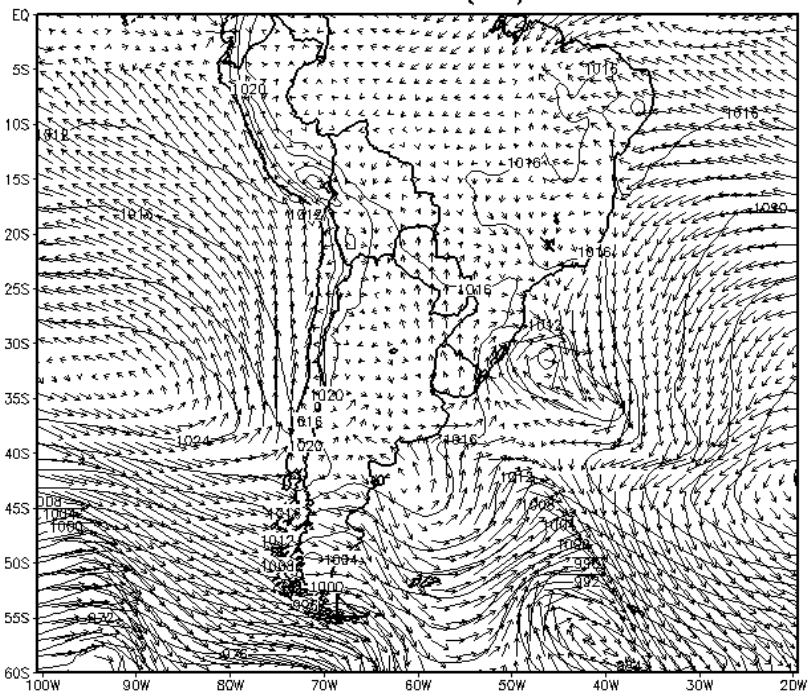
MAR 2016(-1)



GrADS: COLA/IGES

10

MAR 2016(00)



GrADS: COLA/IGES

10

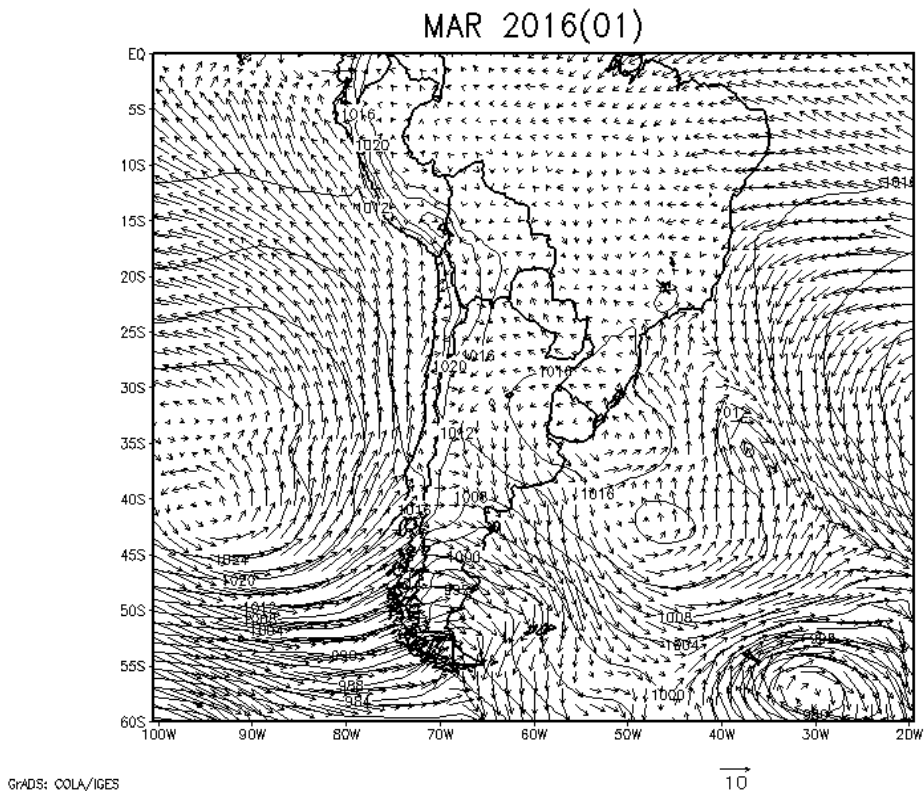


Figura 17: Ventos a 10m e pressão ao nível do mar um (a) dia antes (-1), (b) no dia (0) e (c) um dia depois (1) da passagem de frente fria associada a um ciclone extratropical, na Região Sul do Brasil, em 22 de Março de 2016.

Abril/2016 foi caracterizado por temperaturas muito acima da média. Embora o número de frentes tenha sido alto (seis em 2016 comparada com a média mensal de três) (GARBOSSA & VIEIRA, 2016), suas influências estiveram mais restritas ao Rio Grande do Sul, estado onde a precipitação foi muito acima da média. Em Santa Catarina e Paraná, a maioria dessas frentes foi de fraca intensidade e sem gerar uma grande acumulação de precipitação. Isso deve-se ao jato subtropical posicionando-se muito mais ao sul do que o normal para a época do ano, mantendo o tempo mais quente e seco na maior parte do mês (GARBOSSA & VIEIRA, 2016). Porém, na última semana de Abril, uma grande mudança no padrão iria mudar o tempo na Região Sul, associado ao fim do fenômeno El Niño. Assim, uma forte frente fria foi registrada no dia 27, seguido de uma forte onda polar que traria temperaturas extremamente baixas para a época do ano (4°C em Curitiba-PR, e temperaturas negativas em áreas das Serras Gaúcha e Catarinense, como São Joaquim e Campos Novos-SC).

A partir de Maio, a influência do fenômeno El Niño diminuiu de vez sobre a região. Com as temperaturas na região equatorial do Oceano Pacífico próximas à média histórica (tabela 2), condições de neutralidade começaram a aparecer. A partir do final de Abril (com a chegada de uma forte onda polar na última semana do mês), o restante da estação seria de temperaturas significativamente abaixo da média em toda a região, com precipitações variáveis (anomalias negativas e positivas em diferentes áreas da Região Sul em maio, e muito abaixo da média em Junho). O jato subtropical também diminuiu sua intensidade, mas passou a se localizar mais ao norte, sobre a Região Sul do Brasil. Esse jato mais fraco iria favorecer o ingresso de ondas polares, que dominariam o período restante da estação.

6 CONCLUSÃO

O El Niño de 2015-16, o mais forte desde 1997-98, está entre os três mais fortes já registrados. Sua influência provocou chuvas acima da média em Santa Catarina e na Região Sul em geral, na maioria dos meses do período estudado (apenas Agosto e Janeiro registraram precipitação abaixo da média na maior parte de SC). Essa precipitação foi provocada pelo fortalecimento do jato subtropical e pelo jato de baixos níveis, que favoreceram o desenvolvimento de sistemas de baixa pressão, além de ter contribuído para que as frentes ficassem estacionárias sobre a Região Sul do Brasil.

A primavera foi a estação do ano em que as precipitações apresentaram o maior desvio positivo em relação à média. O fortalecimento de baixa do Chaco e o forte jato subtropical foram os principais responsáveis. É importante ressaltar, porém, que nesse período, não necessariamente houve um grande aumento em chuvas muito fortes e/ou eventos extremos, mas sim uma maior frequência de dias com chuva, sem prolongados dias sem chuva.

A temperatura média para a Região ficou acima da média para o inverno, porém retornou para valores mais próximos da média na primavera e verão (embora ainda ligeiramente acima da média), o próprio jato subtropical dificultou o avanço de massas polares, embora outros fatores não envolvendo o fenômeno El Niño (como a Oscilação Antártica) também explicaram as temperaturas acima da média.

Com essas informações, mesmo com pequenas peculiaridades do evento de 2015-16, podemos concluir os seus efeitos foram bem próximos do que é esperado para um El Niño canônico.

REFERÊNCIAS

- CERA, JOSSANA CEOLIN, FERRAZ, & TELEGINSKI. Variações climáticas na precipitação no Sul do Brasil no clima presente e futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, 30(1), 81-88, 2015.
- CPTEC/INPE. Imagens de satélite. Disponível em: <<http://satelite.cptec.inpe.br/home/novoSite/index.jsp>> Acesso em: 1 jun. 2017
- DAVIS, Mike . Late Victorian Holocausts: El Niño Famines and the Making of the Third World. **London: Verso**. p. 271, 2001.
- DORE MHI. Climate change and changes in global precipitation patterns: what do we know? **Environ Int** 31(8):1167–1181, 2005.
- ECMWF. Era- Interim. Disponível em: <<http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/>> Acesso em: 1 Dec. 2016
- GARBOSSA, L.H.P.; VIEIRA, H.J. (Orgs.) .Boletim Ambiental. Síntese Trimestral: Outono 2016. **Epagri.Documentos**, 262. Florianópolis: Epagri, 63, 2016.
- GRIMM, S. E. T. FERRAZ, and J. GOMES. Precipitation anomalies in southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. **J. Climate**, 11, 2863–2880, 1998.
- GRIMM, A. M. The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: Regional processes versus remote influences. **J. Climate**, 16, 263–280, 2003.
- GRIMM, A.M.; TEDESCHI, R.G. Influência de eventos El Niño e La Niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação no Brasil, **SBMet**, Fortaleza, CE. Anais...CD-Rom. 2004.
- HAAS, R., 2002. Simulações da chuva orográfica associada a um ciclone extratropical no Litoral sul do Brasil. Tese de Doutorado, **Departamento de Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo**, 172 pp.

- INMET. Gráficos de Resultados de Temperaturas e Precipitação em Estações Meteorológicas. Disponível em:
<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=tempo/graficos> > Acesso em : 1 jun. 2017.
- INMET. Desvio de precipitação mensal e trimestral. Disponível em:
<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/desvioChuvaTrimestral> > Acesso em: 1 jun. 2017
- MADDOX, R.A.. Mesoscale convective complexes. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Vol.61, 1374-1387,1980.
- MADDOX, Robert A. Large-scale meteorological conditions associated with midlatitude, mesoscale convective complexes. **Monthly Weather Review**, v. 111, n. 7, p. 1475-1493, 1983.
- NCEP/NOAA. Antarctic Oscillation. 2017. Disponível em:
<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/ao/ao.shtml > Acesso em: 1 jun. 2017.
- PANDOLFO, C.; VIEIRA, H. J. (Orgs.) Boletim Ambiental. Síntese Trimestral: Verão 2015/2016. **Epagri Documentos**, 258. Florianópolis: Epagri, 69p., 2016.
- RAO, V. B., HADA, K. Characteristics of Rainfall over Brazil: Annual Variations and Connections with the Southern Oscillation. **Theor. Appl. Climatol.** 42. 81-91, 1990.
- RODRIGUES, M. L. G.; FRANCO, D.; SUGAHARA S., 2004. Climatologia de frentes frias no Litoral de Santa Catarina. **Rev. Bras. Geofís.**, 22(2), 135–151.
- ROPELEWSKI, C. F.; Halpert, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with El Niño/Southern Oscillations. **Mon. Wea. Rev.**, v.115, p. 1606 - 1626, 1987.
- ROPELEWSKI, C. F.; Halpert, M. S. Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation. **J. Climate**, 2, 268-284, 1989.
- SILVA, E. (Org.).Boletim Ambiental. Síntese Trimestral: Inverno 2015. **Epagri Documentos**, 253 Florianópolis: Epagri, 51pg 2015.

SILVA, E. (Org.) Boletim Ambiental. Síntese Trimestral: Primavera 2015. **Epagri Documentos**, 257. Florianópolis: Epagri, 60p, 2016.

SILVA DIAS, M. A. F. Sistemas de mesoescala e previsão de tempo a curto prazo. **Rev. Brasil. Meteor.**, 2, 133-150, 1987.

SILVA DIAS, M. A. F. As chuvas de novembro de 2008 em Santa Catarina: Um estudo de caso visando à melhoria do monitoramento e da previsão de eventos extremos. **INPE Tech. Rep.** INPE-16631-RPQ/255, 67 pp. 2009.

TEDESCHI, R.; CAVALCANTI, I. Influência dos ENOS Canônico e Modoki na precipitação da América do Sul. **Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 16. Belém do Pará-Pa. Anais, 2010.

TRENBERTH, KEVIN E. "The Definition of El Niño". **Bulletin of the American Meteorological Society** 78 (12): 2771–2777, 1997.

VELASCO, i., Fritsch, j., m. Mesoscale convective complexes in Americas. **J. Geophys. Res.**, 92, 9591-9613, 1987.

YEH, S.-W. et al. El Niño in a changing climate. **Nature** 461, 511-514, 2009.