



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
**INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS**

## **COMPARAÇÃO DA TEMPERATURA SOBRE A AMÉRICA DO SUL DE DUAS REANÁLISES: CLIMATOLOGIA E VARIABILIDADE**

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA  
(PIBIC/CNPq/INPE)**

PROCESSO N° 800004/1994-9

Carina Oliveira de Souza (UNIVAP, Bolsista PIBIC/CNPq)  
E-mail: [casouza@cptec.inpe.br](mailto:casouza@cptec.inpe.br)

Dra. Mary Toshie Kayano (CPTEC/DMD/INPE, Orientadora)  
E-mail: [mary@cptec.inpe.br](mailto:mary@cptec.inpe.br)

Julho de 2007

## DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

**Bolsista:** Carina Oliveira de Souza  
Aluna do curso de Engenharia Ambiental  
Universidade do Vale do Paraíba – UNIVAP

**Processo:** PIBIC/INPE - 800004/1994-9

**Orientador:** Dra. Mary Toshie Kayano  
Pesquisadora da Divisão de Modelagem e Desenvolvimento –  
DMD/CPTEC/INPE – MCT  
Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos –  
CPTEC/INPE - MCT  
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/MCT

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de expressar meus agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica (PIBIC) no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

A Dra. Mary Toshie Kayano, minha orientadora e pesquisadora da DMD/CPTEC/INPE, pela paciência e por todo conhecimento que foi adquirido no decorrer do projeto, auxiliando no meu desenvolvimento pessoal e profissional.

E a minha família e amigos por estarem sempre do meu lado, me apoiando e dando forças para seguir em frente.

## RESUMO

Devido à temperatura do ar na superfície ser um importante parâmetro climático, esse trabalho objetivou analisar a climatologia da temperatura (T) sobre a América do Sul utilizando duas fontes de dados: European Centre for Medium Range Weather Forecasts – ECMWF e National Centers for Environmental Prediction – NCEP, para o período 1958-1995.

As diferenças, variações e dispersões também foram analisadas para dois sub-períodos: 1958-1976 (sub-período1) e 1977-1995 (sub-período2), e para anos com ocorrências de El Niño e de La Niña. Os dois sub-períodos foram escolhidos para estudar as diferenças na T sobre a América do Sul nas duas fases da Oscilação Decenal do Pacífico (ODP).

Os códigos foram desenvolvidos em linguagem Fortran e a visualização dos campos foi feita através do software GrADs.

## **ABSTRACT**

Since air temperature is an important climate parameter, this work aimed to analyze the temperature (T) climatology over South America using two data sources: European Centre for Medium Range Weather Forecasts – ECMWF and National Centers for Environmental Prediction – NCEP for the 1958-1995 period.

Differences, variations and dispersions were also analyzed for two sub-periods, 1958-1976 (sub-period1) and 1977-1995 (sub-period2), and for El Niño and La Niña years. The two sub-periods were selected in order to analyze the T differences over South America in the two phases of The Pacific Decadal Oscillation (PDO).

The codes were developed in Fortran and the fields were visualized through the software GraDs.

## SUMÁRIO

Pág.

### LISTA DE FIGURAS

### LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>9</b>
<b>CAPÍTULO 2</b>	<b>DADOS E METODOLOGIA.....</b>	<b>12</b>
2.1	Dados.....	12
2.2	Metodologia.....	12
<b>CAPÍTULO 3</b>	<b>RESULTADOS E ANÁLISES.....</b>	<b>14</b>
3.1	Climatologia.....	14
3.2	Diferença entre as duas fontes de dados.....	15
3.3	Diferença entre sub-períodos.....	16
3.4	Desvio Padrão (Dispersão).....	17
3.5	Resultados trimestrais para anos de EN e LN.....	19
	(a) Anos de EN.....	19
	(b) Anos de LN.....	20
3.6	Significância trimestral para anos de EN e LN.....	22
	(a) Anos de EN.....	22
	(b) Anos de LN.....	23
<b>CAPÍTULO 4</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>24</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>26</b>
	<b>APÊNDICE A</b>	<b>28</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
<b>1.1</b> Padrões anômalos da TSM nos períodos de EN (a) e LN (b).....	10
<b>1.2</b> Padrões anômalos da TSM durante as fases quente e fria da ODP.....	11
<b>3.1.1</b> Climatologia mensal de T do período 1958-1995 para as duas fontes de dados. São mostrados apenas os mapas dos meses centrais de cada estação do ano.....	14
<b>3.2.1</b> Diferença da climatologia de T entre as duas fontes de dados para o sub-período1. São mostrados apenas os mapas dos meses centrais de cada estação do ano.....	15
<b>3.2.2</b> Diferença da climatologia de T entre as duas fontes de dados para o sub-período2. São mostrados apenas os mapas dos meses centrais de cada estação do ano.....	16
<b>3.3.1</b> Diferença da climatologia de T entre os sub-períodos para as duas fontes de dados. São mostrados apenas os mapas dos meses centrais de cada estação..	17
<b>3.4.1</b> Dispersão de T. São mostrados os mapas dos meses centrais de cada estação do sub-período1 das duas fontes de dados.....	18
<b>3.4.2</b> Dispersão de T. São mostrados os mapas dos meses centrais de cada estação do sub-período2 das duas fontes de dados.....	18
<b>3.5(a)</b> Anomalias sazonais da temperatura do ar do NCEP e ECMWF para os anos de El Niño do período de 1958-1995. O intervalo de contorno é 0,2°C, os contornos positivos (negativos) são contínuos (tracejados).....	20
<b>3.5(b)</b> Anomalias sazonais da temperatura do ar do NCEP e ECMWF para os anos de La Niña do período de 1958-1995. O intervalo de contorno é 0,2°C, os contornos positivos (negativos) são contínuos (tracejados).....	21
<b>3.6.1</b> Valores trimestrais de anomalias de T para anos de EN das duas fontes de dados. A significância estatística está indicada pelas áreas hachuradas.....	22
<b>3.6.2</b> Valores trimestrais de anomalias de T para anos de LN das duas fontes de dados. A significância estatística está indicada pelas áreas hachuradas.....	23

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DJF	– Dezembro, Janeiro e Fevereiro
ECMWF	– European Centre for Medium Range Weather Forecasts
EN	– El Niño
ENOS	– El Niño / Oscilação Sul
JJA	– Junho, Julho e Agosto
LN	– La Niña
MAM	– Março, Abril e Maio
NCEP	– National Centers for Environmental Prediction
ODP	– Oscilação Decenal do Pacífico
SON	– Setembro, Outubro e Novembro
T	– Temperatura
TSM	– Temperatura da Superfície do Mar

## INTRODUÇÃO

O El Niño/Oscilação Sul (ENOS), representa um fenômeno de interação oceano-atmosfera, associado a alterações dos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e dos ventos alísios na região do Pacífico Tropical, compreendido entre a Costa Peruana e o Pacífico Oeste próximo à Austrália.

O ENOS possui duas fases: quente e fria. A fase quente coincide com a ocorrência do El Niño (EN) que se caracteriza pelo aquecimento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico Equatorial leste e por ventos alísios mais fracos na região do Pacífico Equatorial, entre a Costa Peruana e o Pacífico Oeste próximo à Austrália. Na fase fria, La Niña (LN), ocorre o esfriamento das águas no Pacífico Equatorial leste e fortalecimento dos ventos alísios na faixa equatorial do Pacífico.

Essas fases representam uma alteração no sistema oceano-atmosfera no Oceano Pacífico Tropical, e tem conseqüências globais no tempo e no clima. Com o aquecimento ou esfriamento do oceano, junto a alterações nos ventos alísios ocorrem mudanças no transporte de umidade e conseqüentemente nas distribuições de chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas. Em algumas regiões do globo pode ser observado também aumento ou queda de temperatura associada ao ENOS. As Figuras 1.1 a) e b) ilustram o comportamento da TSM para o período de EN e LN e foram obtidas do sítio: [http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino/nino\\_normal.html](http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino/nino_normal.html).

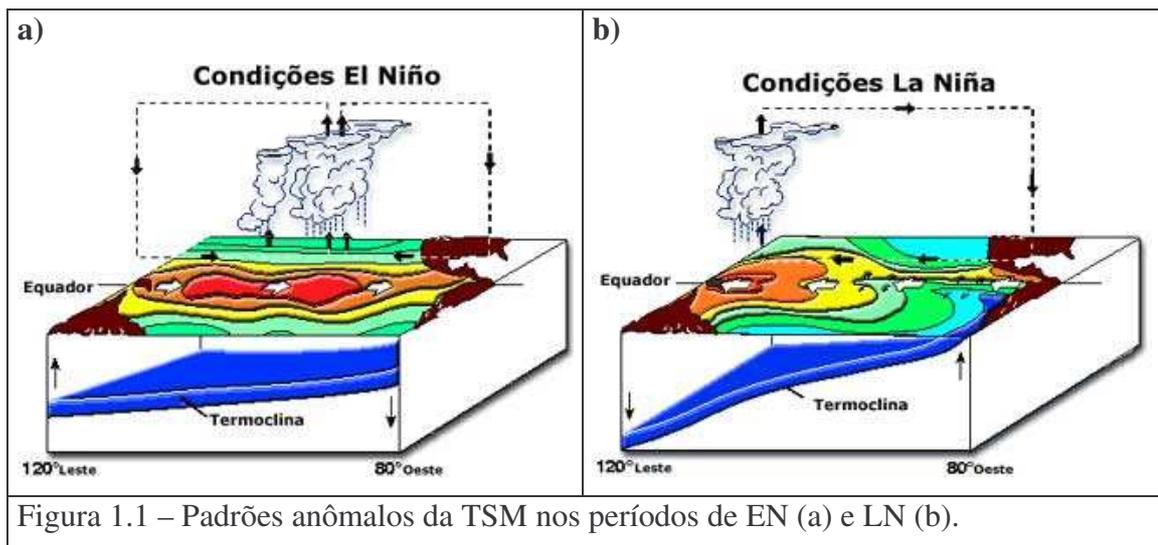


Figura 1.1 – Padrões anômalo da TSM nos períodos de EN (a) e LN (b).

Estudos recentes têm mostrado a existência de um outro fenômeno oceano-atmosférico chamado Oscilação Decenal do Pacífico (ODP), que foi descrito por Mantua et al. (1997). Esta oscilação possui um padrão similar ao da variabilidade da temperatura da superfície do mar (TSM) associada ao ENOS, mas com maiores amplitudes em latitudes médias do que em latitudes baixas e uma maior extensão meridional das anomalias equatoriais do que aquelas referentes ao ENOS (Mantua et al., 1997).

Da mesma forma que o ENOS, a ODP apresenta duas fases. A fase quente da ODP caracteriza-se por águas mais frias que o normal no Pacífico Norte central e oeste, e mais quentes que o normal na costa oeste das Américas e no Pacífico tropical central e leste. A fase fria possui padrões invertidos. A fase fria ocorreu em 1900-1924 e 1947-1976 e a fase quente em 1925-1946 e 1977 a meados de 1990. A fase da ODP tem duração de aproximadamente 20-30 anos (e.g., Minobe, 1997; 1999, Mantua et al., 1997). A Figura 1.2 foi obtida do sítio: <http://jisao.washington.edu/pdo/>, e ilustra os padrões anômalo da TSM nas fases quente e fria da ODP.

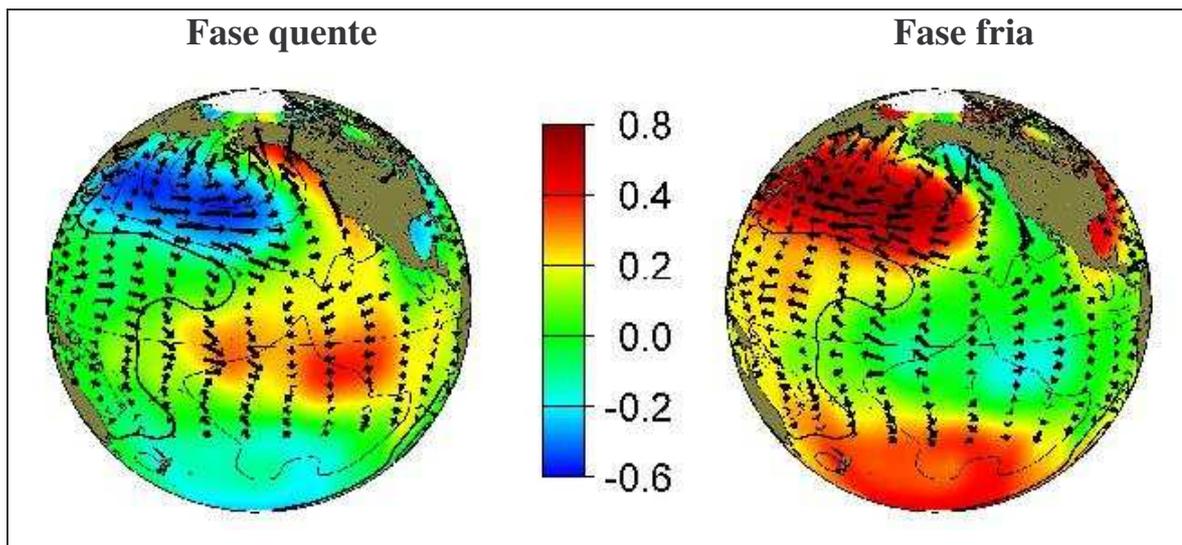


Figura 1.2 – Padrões anômalos da TSM durante as fases quente e fria da ODP.

Alguns estudiosos consideram o ENOS e a ODP o mesmo fenômeno, sendo o ENOS de menor duração, persistindo de 6 a 18 meses, enquanto a ODP persiste por 20 a 30 anos (Molion, 2005).

## DADOS E METODOLOGIA

### 2.1 Dados

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados dados mensais de temperatura (T) sobre a região da América do Sul, para o período de 1958 a 1995. Os dados estão em pontos de grade de 2.5 graus em latitude e longitude.

Como os dados de T em superfície não são disponíveis no ECMWF, para esta fonte de dados é usada a T à 2 metros. No caso do NCEP é usada a T à superfície. Para brevidade de texto, daqui a diante, tanto T à 2 metros como T à superfície serão referidas como T.

Os dados de T do ECMWF estão em graus Kelvin ( $^{\circ}\text{K}$ ), e os do NCEP em graus Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ). Os dados do ECMWF são disponíveis nos horários 00Z, 06Z, 12Z e 18Z e os dados do NCEP se referem à média destes horários.

### 2.2 – Metodologia

O período de estudo, de 1958 a 1995, foi escolhido para que haja a mesma quantidade de anos nos dois sub-períodos considerados, de 1958-1976 (sub-período1) e 1977-1995 (sub-período2). A área de estudo situada sobre a região da América do Sul é limitada pelas longitudes de  $112,5^{\circ}\text{W}$  e  $27,5^{\circ}\text{W}$  e pelas latitudes de  $5^{\circ}\text{N}$  e  $55^{\circ}\text{S}$ .

Todos os códigos criados para os cálculos foram feitos através da programação em linguagem Fortran, e a visualização dos campos gerados foi feita através do software GraDs.

Para que pudesse ser feita a comparação entre as duas fontes de dados, os dados do ECMWF foram convertidos de graus Kelvin para graus Celsius, através da equação

$T^{\circ}\text{C} = T^{\circ}\text{K} - 273.15$ . Após a conversão, foram obtidas as médias diárias de T, calculando as médias dos 4 horários dos dados do ECMWF.

Em seguida, foram calculadas as climatologias de T (mensal) e as dispersões de T (desvios padrão mensais) em cada ponto de grade. Para cada mês foi obtido o campo de diferença dos campos médios de T entre as duas fontes de dados, NCEP menos ECMWF. Também foram obtidos os campos de diferença entre os sub-períodos, segundo sub-período menos o primeiro, para as duas fontes. Esses campos permitiram que fosse feita a comparação do comportamento médio de T e de sua dispersão entre as duas fontes de dados.

As climatologias de T foram também calculadas por trimestre em cada ponto de grade. O mesmo foi feito para anos seguintes aos de início de eventos de EN (1958, 1969, 1973, 1977, 1983, 1987, 1992 e 1995) e LN (1962, 1965, 1968, 1971, 1974, 1975, 1976, 1985 e 1989). Os anos de EN e LN foram obtidos do sítio: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml).

Para cada trimestre foram obtidos os campos de diferença entre a climatologia de T para anos de EN ou LN e climatologia de T de todos os anos. Esses campos, na verdade representam os campos sazonais de anomalias de T, médios para anos de EN e LN. Estes cálculos são feitos independentemente para as duas fontes de dados.

A anomalia foi novamente calculada trimestralmente, dessa vez fazendo a valor mensal menos a média mensal para cada ponto de grade. A partir disso foi calculada a significância estatística desses valores, para a visualização de qual região do continente é mais ou menos afetada pelas variações de T. Para o cálculo da significância estatística da média considerar que uma série {X} de N elementos tem média  $\bar{X}$  e desvio padrão  $\sigma$ . A média  $\bar{X}$  é significativa se esta for maior que  $\frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{N-1}}$ , onde t é o valor da distribuição t de Student para  $\alpha = 0,05$  e N-1, para o nível de confiança de 95%.

## RESULTADOS E ANÁLISES

De acordo com os cálculos realizados e a visualização dos campos através do software GrADS, pode-se analisar as características da climatologia de T sobre a América do Sul.

### 3.1 Climatologia

Os campos de T sobre o continente e o oceano seguem um padrão semelhante para as duas fontes, a T em geral aumenta para as latitudes baixas e diminui para as latitudes médias, exceto na região continental dos Andes onde devido à altitude, a T possui valores baixos em relação a outras regiões de mesma latitude (Figura 3.1.1).

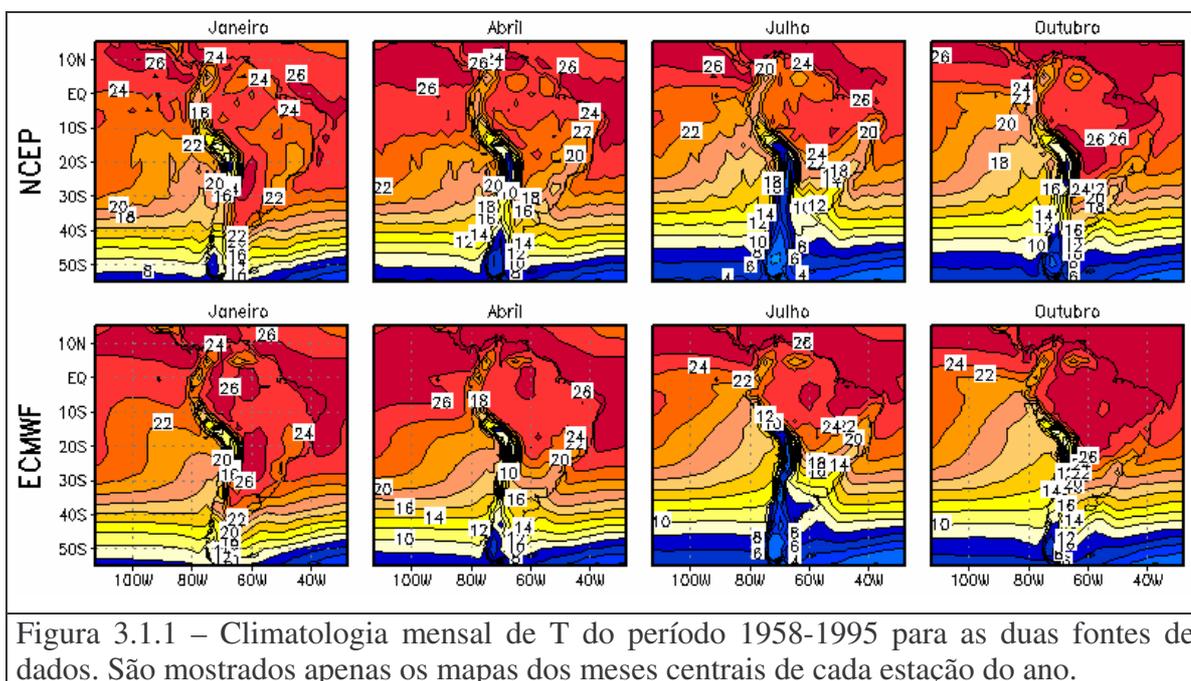
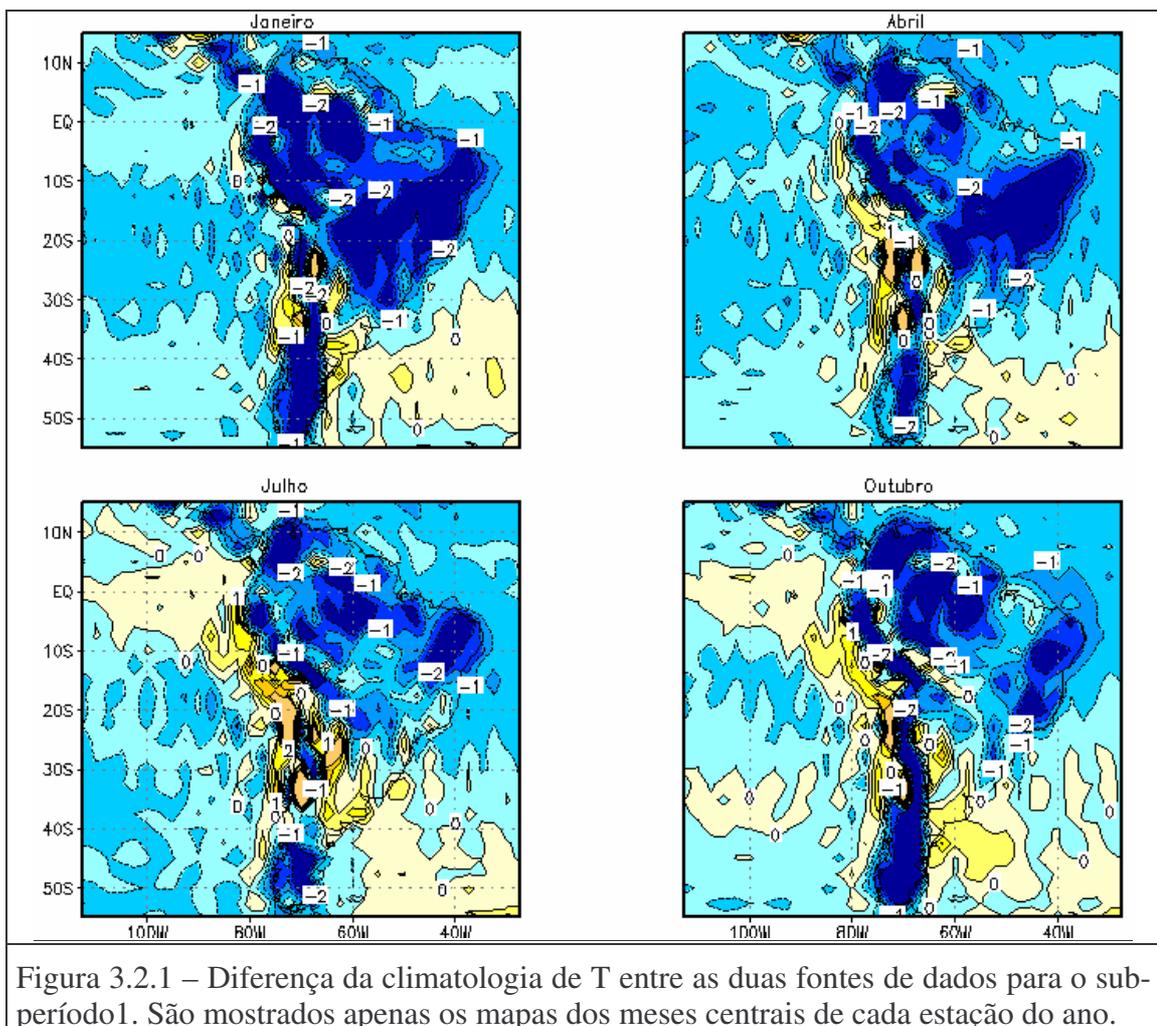


Figura 3.1.1 – Climatologia mensal de T do período 1958-1995 para as duas fontes de dados. São mostrados apenas os mapas dos meses centrais de cada estação do ano.

### 3.2 Diferença entre as duas fontes de dados

As diferenças climatológicas de T entre as duas fontes de dados (NCEP menos ECMWF), mostram em geral valores negativos. Isso quer dizer que os valores da climatologia de T do NCEP são menores do que os valores do ECMWF. A diferença entre as fontes de dados é maior no sub-período1 e tende a ser maior no verão e no outono.

As diferenças são pequenas, na sua maioria, na região do Atlântico Sul. A Figura 3.2.1 mostra os meses centrais de cada estação do ano do sub-período1, pode-se observar sobre o continente regiões com azul escuro que possuem valores menores que  $-2^{\circ}\text{C}$ , mostrando que as maiores diferenças situam-se sobre o continente. . Regiões com amarelo claro possuem diferenças que variam de  $0^{\circ}\text{C}$  a  $0.5^{\circ}\text{C}$ .



A Figura 3.2.2 mostra os meses centrais de cada estação do ano do sub-período2. Em comparação com o sub-período1, este sub-período possui diferenças menores sobre o continente e diferenças semelhantes sobre a região oceânica. Exceção a isso ocorre no Atlântico Sul, onde para o sub-período1 as diferenças foram iguais a 0°C nos meses mostrados e para o sub-período2 essa área é menor.

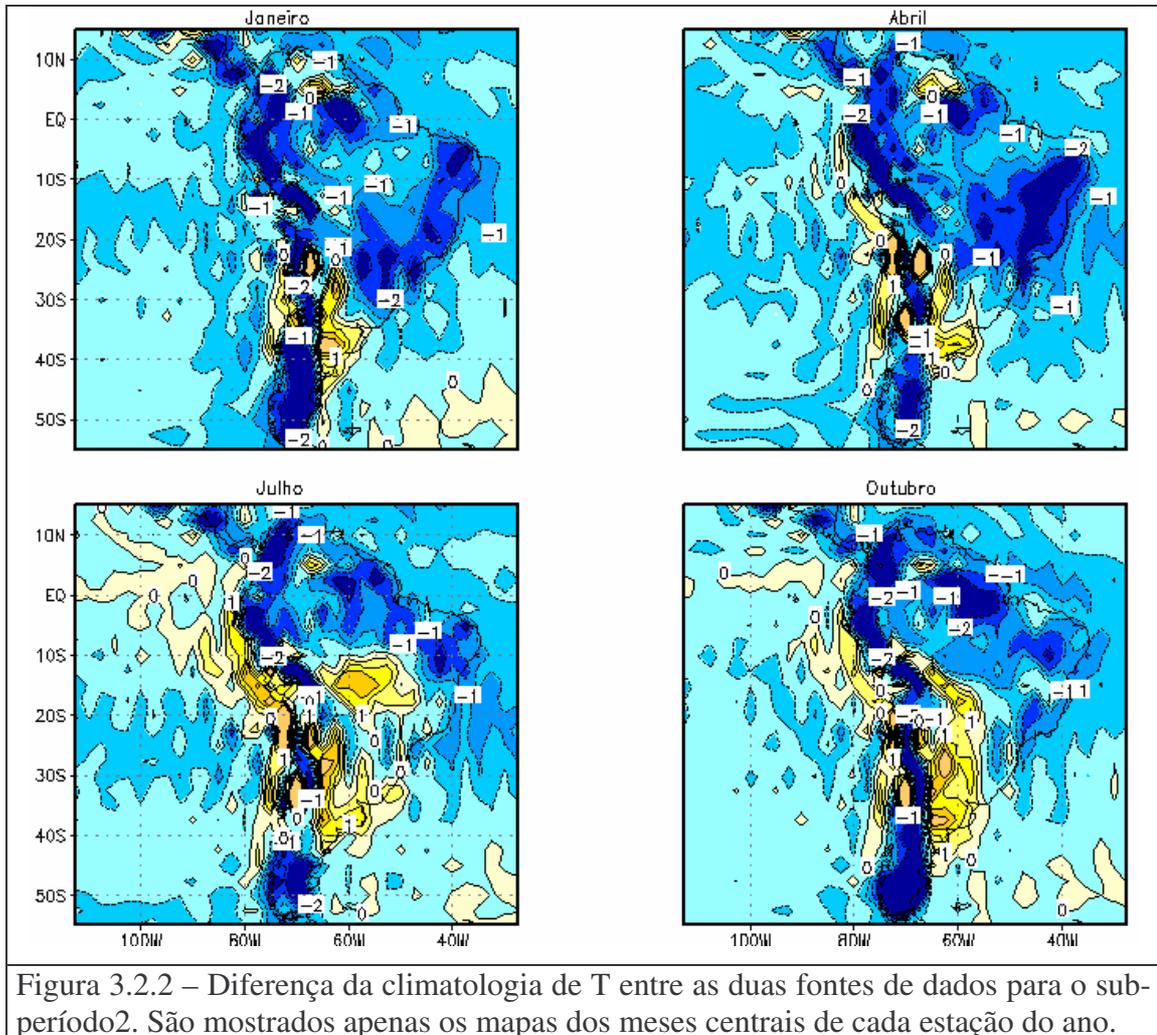


Figura 3.2.2 – Diferença da climatologia de T entre as duas fontes de dados para o sub-período2. São mostrados apenas os mapas dos meses centrais de cada estação do ano.

### 3.3 Diferença entre sub-períodos

Os campos da diferença da climatologia de T entre os sub-períodos (sub-período2 menos sub-período1) mostram regiões mais quentes no sub-período2 em relação ao sub-período1 sobre o Pacífico Tropical Leste. Este sub-período coincide com a fase quente da ODP. Sobre o continente, no caso do ECMWF, em geral o sub-período2 foi mais frio do que o sub-período1, no caso do NCEP ocorre o contrário

mostrando que em geral o sub-período2 foi mais quente, exceto pelos meses de julho a outubro. A figura 3.3.1 ilustra essas diferenças.

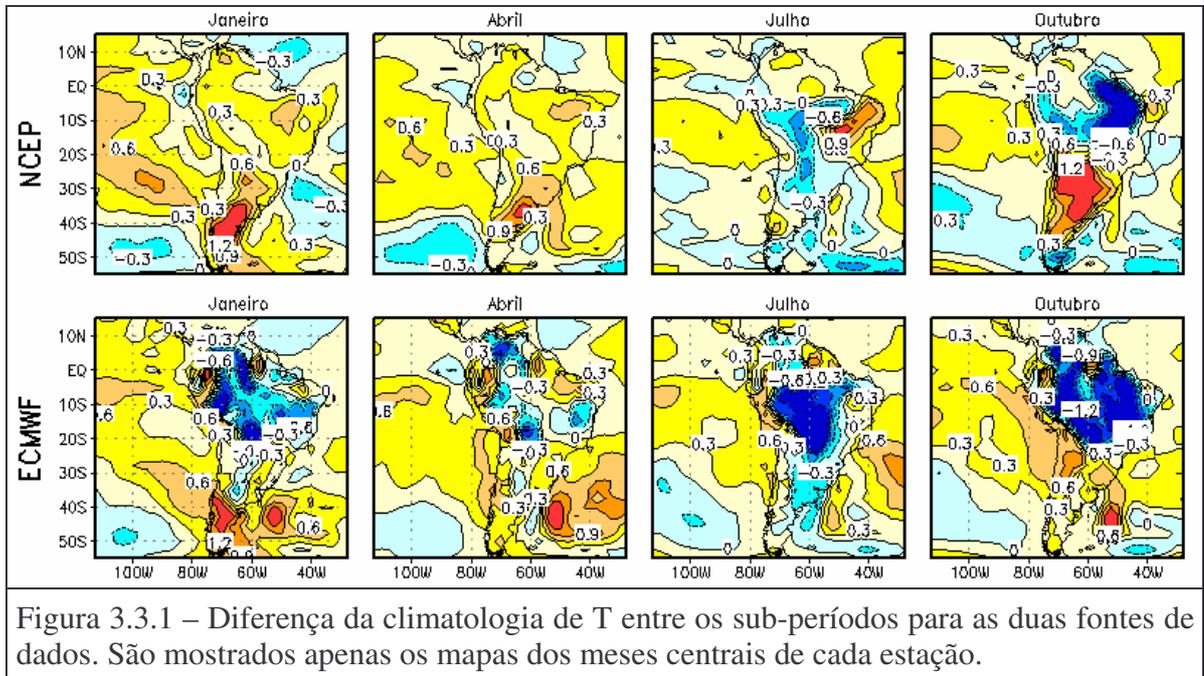


Figura 3.3.1 – Diferença da climatologia de T entre os sub-períodos para as duas fontes de dados. São mostrados apenas os mapas dos meses centrais de cada estação.

### 3.4 Desvio Padrão (Dispersão)

Para o sub-período1 a dispersão de T do ECMWF apresenta maiores valores em latitudes baixas e a dispersão de T do NCEP mostra maiores valores nas latitudes médias. . Para o ECMWF observa-se claramente que a dispersão de T foi maior no sub-período1 (Figura 3.4.1).

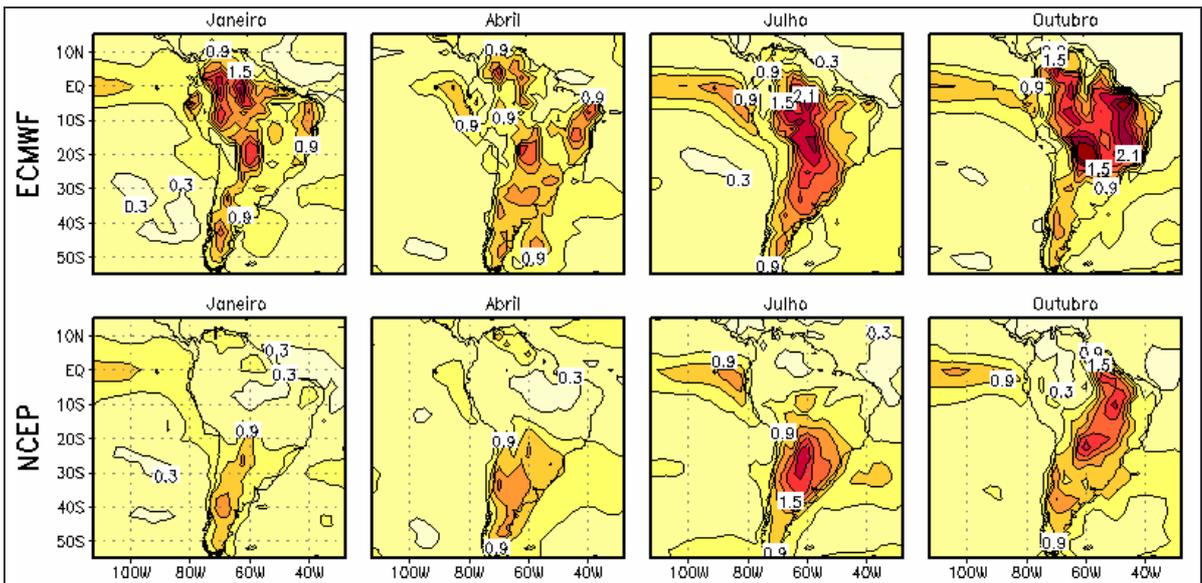


Figura 3.4.1 – Dispersão de T. São mostrados os mapas dos meses centrais de cada estação do sub-período1 das duas fontes de dados.

No sub-período2 a dispersão de T do ECMWF é menor do que a do sub-período1 e apresenta seus maiores valores em latitudes médias. A dispersão de T do NCEP é semelhante ao sub-período1 com maiores valores nas latitudes médias (Figura 3.4.2).

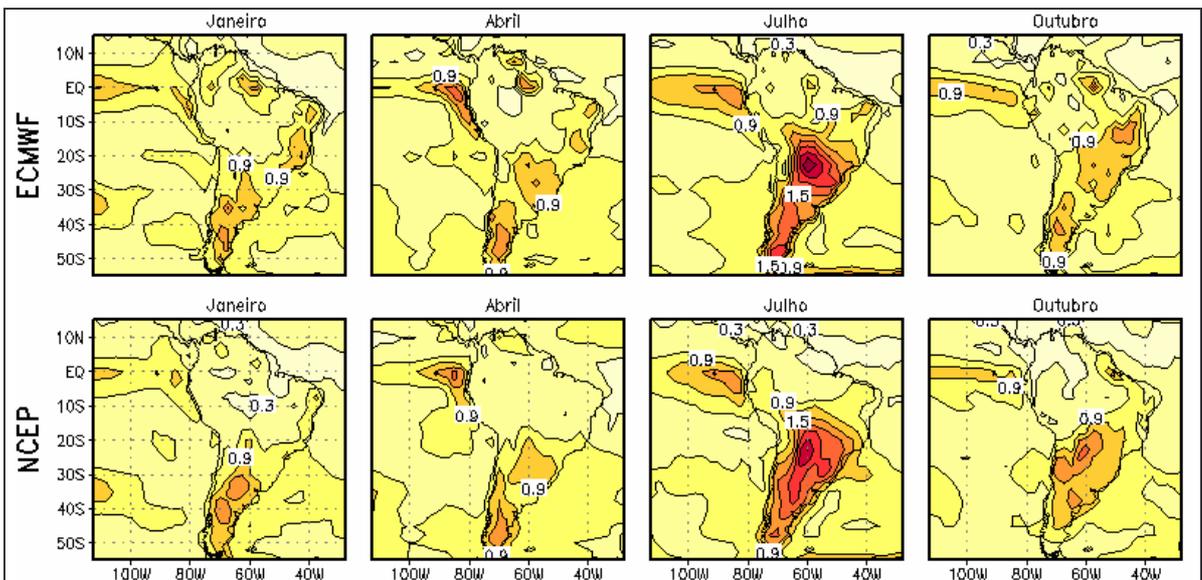


Figura 3.4.2 – Dispersão de T. São mostrados os mapas dos meses centrais de cada estação do sub-período2 das duas fontes de dados.

### 3.5 Resultados trimestrais para anos de EN e LN

#### a) Anos de EN

Os campos de anomalia de T para as duas fontes de dados para os anos de EN são semelhantes (Figura 3.5(a)). Estes campos mostram anomalias positivas de T na região do Pacífico Equatorial Leste (máximo de  $0,8^{\circ}\text{C}$ ), indicativas de EN, e sobre as regiões norte e nordeste do continente (máximo de  $0,4^{\circ}\text{C}$ ), o que significa um aumento da T em relação à média dos 38 anos.

Esse aumento de T é maior nos trimestres de dezembro, janeiro e fevereiro (DJF) e março, abril e maio (MAM), e menor no trimestre de setembro, outubro e novembro (SON), em particular sobre a região oceânica onde as anomalias são pequenas. Isso indica que o evento EN em SON está em sua fase final. Os dados do ECMWF mostram uma diminuição da T na região centro-sul do continente, que se estende meridionalmente para norte em particular durante DJF e SON. Para esta mesma fonte, os mínimos negativos de maior valor absoluto são encontrados no centro-sul durante os trimestres de junho, julho e agosto (JJA) e SON. Em SON ocorrem valores mínimos de até  $-0,8^{\circ}\text{C}$  que estão mais centrados no continente. Por outro lado, para o NCEP as anomalias negativas de T estão confinadas no centro-sul do continente e não excedem  $-0,2^{\circ}\text{C}$  durante DJF, MAM e JJA. Similar ao ECMWF, em SON as anomalias negativas estão mais centradas no continente e têm valores mínimos de até  $-0,8^{\circ}\text{C}$ . As anomalias negativas de T no centro-sul devem estar relacionadas com a nebulosidade associadas a precipitação acima da média em anos de EN (Ropelewki e Halpert, 1987).

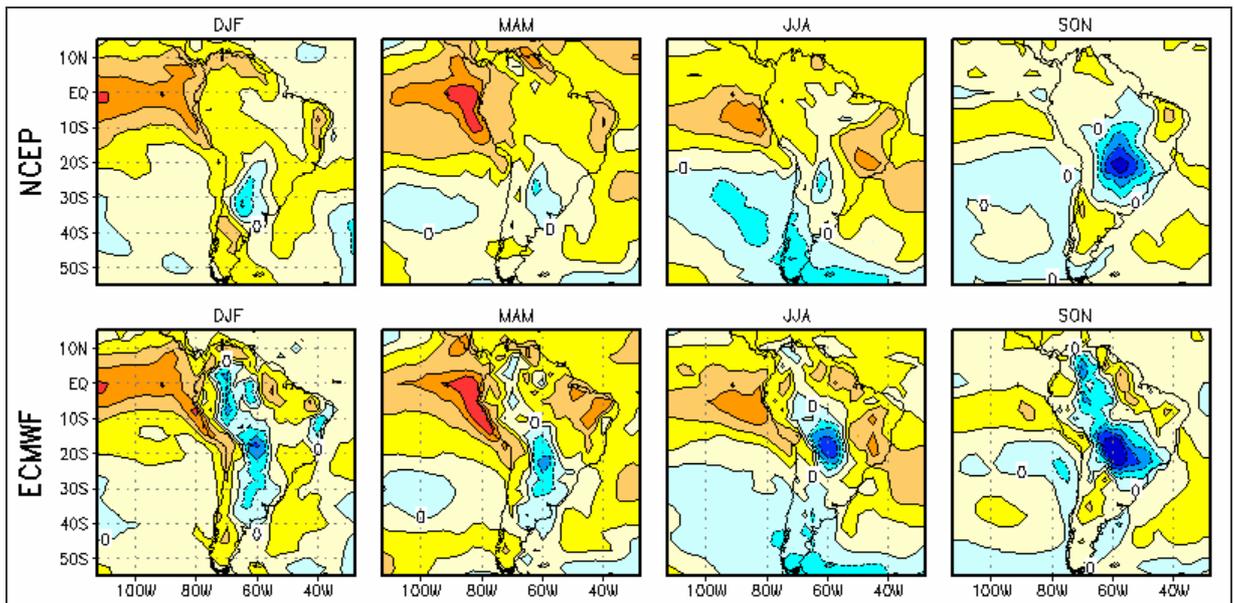


Figura 3.5 (a) – Anomalias sazonais da temperatura do ar do NCEP e ECMWF para os anos de El Niño do período de 1958-1995. O intervalo de contorno é  $0,2^{\circ}\text{C}$ , os contornos positivos (negativos) são contínuos (tracejados).

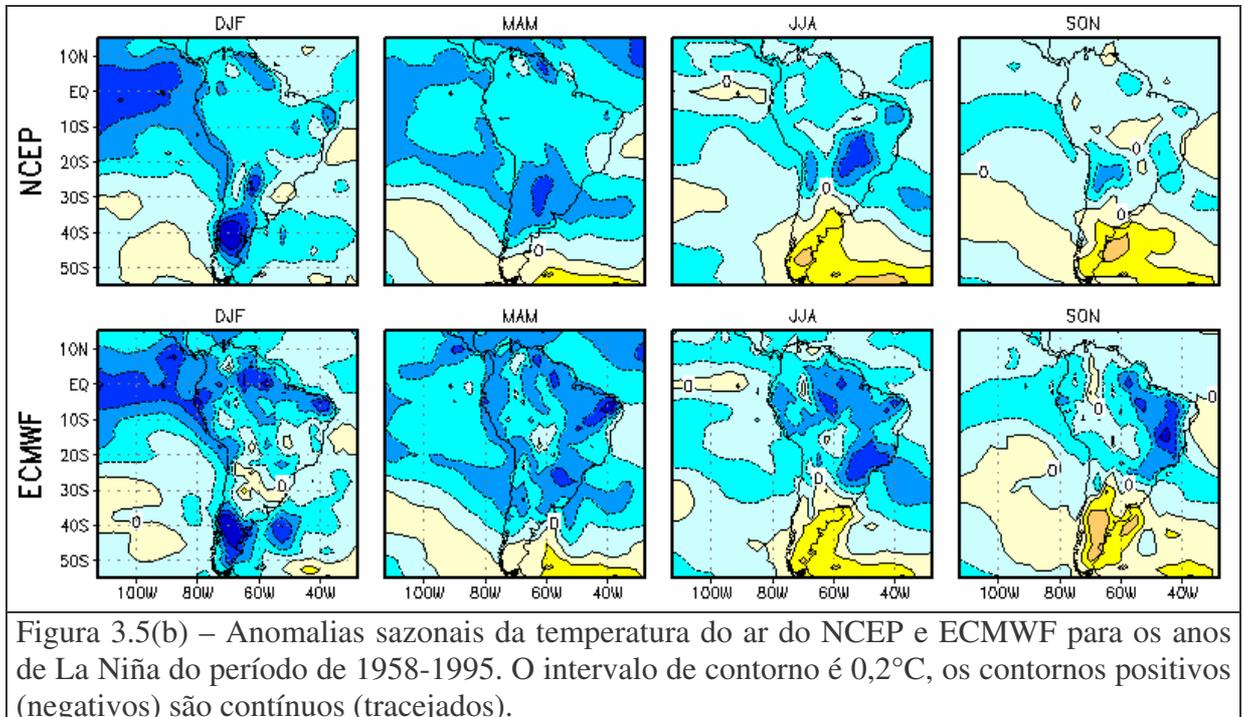
### b) Anos de LN

Os resultados obtidos para as duas fontes de dados para os anos de LN (Figura 3.5(b)) têm padrões similares, com uma diminuição da T em relação à média dos 38 anos no Oceano Pacífico Equatorial Leste, que é maior no trimestre de DJF. Isso é indicativo da ocorrência de LN. Os dados do NCEP mostram uma diminuição da T sobre o continente menor dos que os dados do ECMWF. Os dados do ECMWF mostram uma diminuição maior de T nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste do continente em relação aos dados do NCEP.

É interessante notar para as duas fontes de dados, um centro negativo de anomalias de T (com valor mínimo de  $-0,8^{\circ}\text{C}$ ) localizado sobre o continente entre  $40^{\circ}\text{S}$  e  $50^{\circ}\text{S}$  em DJF. Gradualmente, de MAM a SON as anomalias positivas de T que se encontram ao sul de  $50^{\circ}\text{S}$  se intensificam e avançam para norte sobre continente até aproximadamente  $30^{\circ}\text{S}$ .

No caso do NCEP, neste processo as anomalias negativas de T que existem ao norte destas anomalias positivas são reduzidas em valor absoluto e restringem-se para regiões mais ao norte. No caso do ECMWF, as anomalias negativas mantêm suas magnitudes e se restringem às regiões norte e nordeste. As anomalias positivas de T

encontradas no sul do continente, que se estendem até aproximadamente 25°S em JJA e SON podem estar relacionadas a maior insolação devido a chuvas abaixo da média em anos de LN (Ropelewski and Halpert, 1989).



Embora as magnitudes das anomalias de T possam parecer pequenas em relação a T em si, vale ressaltar que as anomalias são valores médios trimestrais, e que os padrões encontrados são relativamente extensos. Assim, os mínimos encontrados, principalmente na região sul da América do Sul podem ser indicativos de áreas com ocorrências de geadas.

Como o objetivo aqui não é analisar este fenômeno, que em geral é analisado usando a temperatura mínima local, recorre-se a estudos anteriores sobre geadas para confirmar esta afirmativa.

Usando a Tabela 1 de Müller et al. (2005) que se refere ao número de geadas para JJA no período de 1961-1990, são calculados os números médios de geadas em anos de EN e de LN deste período. Este cálculo mostra que geadas tendem a ser mais frequentes em anos de LN ou em anos normais do que em ano de EN.

A geada de 1975, identificada por Müller et al. (2005), havia sido anteriormente estudada por Parmenter (1976) e Tarifa et al. (1977). Tarifa et al. (1977) analisaram os danos desta geada na cafeicultura no Brasil. Esta geada ocorreu em período de LN, que persistiu por mais de um ano, e teve sua classificação como forte, de acordo com o sítio do CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.

### 3.6 Significância trimestral para anos de EN e LN

#### a) Anos de EN

As anomalias de T para anos de EN do NCEP são positivas e significativas nas regiões norte e nordeste do continente de dezembro a maio, essa área diminui nos meses seguintes, e na região centro-sul de setembro a novembro há uma área com valores negativos significativos.

Para os dados do ECMWF as áreas sobre o continente com valores positivos significativos são pequenas, nas regiões nordeste e centro-sul são encontrados valores negativos significativos ao longo dos meses.

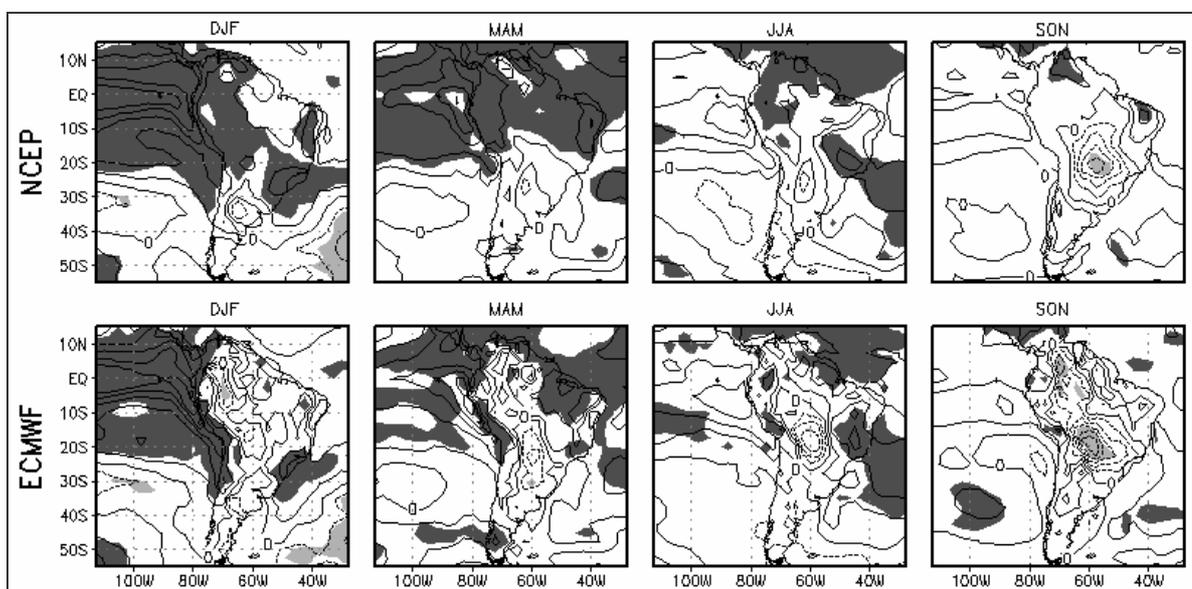
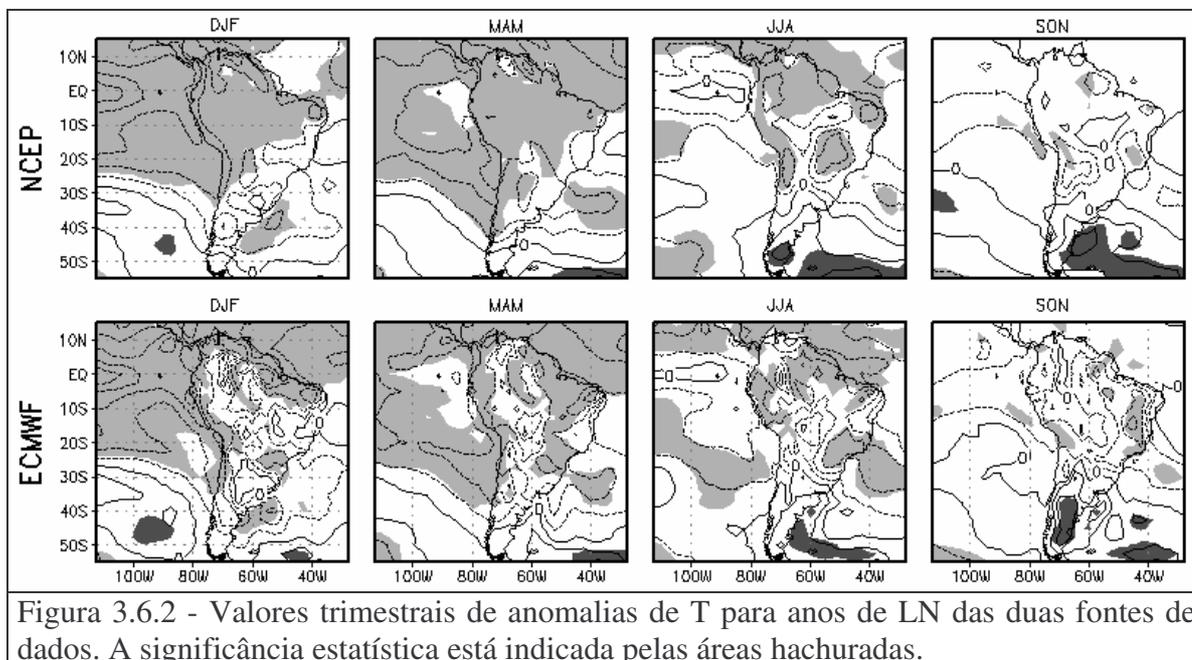


Figura 3.6.1 – Valores trimestrais de anomalias de T para anos de EN das duas fontes de dados. A significância estatística está indicada pelas áreas hachuradas.

### b) Anos de LN

Para anos de LN do NCEP observa-se nas regiões norte e nordeste do continente valores negativos significativos de dezembro a agosto, para o ECMWF essa área é menor, e no sul do continente há uma região de valores positivos significativos.



## CONCLUSÕES

Em relação à climatologia do período de estudo não há diferenças significativas entre as duas fontes de dados. Elas seguem um padrão semelhante. As diferenças entre as fontes são pequenas, mostrando em geral que os dados do NCEP são menores do que os do ECMWF, as diferenças são ainda menores na região do Atlântico Sul. O período de maior diferença entre elas é no verão e no outono.

Entre os sub-períodos pode-se observar que em geral o sub-período2 foi mais quente do que o sub-período1 na região do Pacífico Tropical Leste. O sub-período2 coincide com a ocorrência da fase quente da ODP quando ocorre um aquecimento das águas superficiais nessa região oceânica. Na região continental os dados do ECMWF mostram que o sub-período2 foi mais frio que o sub-período1, já com os dados do NCEP ocorre o contrário.

A dispersão de T do EMCWF possui maiores valores em latitudes baixas no sub-período1 e maiores valores em latitudes médias no sub-período2. A dispersão do NCEP é semelhante para os dois sub-períodos com maiores valores em latitudes médias.

Em relação aos anos de EN e LN os resultados mostram algumas diferenças nos padrões de T entre as fontes de dados (NCEP-ECMWF). No caso do NCEP, em anos de EN há uma tendência de diminuir a T em relação à média de 38 anos no centro-sul do continente enquanto em todo o resto as anomalias de T são positivas, podendo chegar em média a  $0,6^{\circ}\text{C}$ . Isso é notável nos trimestres DJF, MAM e JJA. Em SON, a diminuição de T se estende por uma grande parte do continente incluindo o sul, sudeste e centro oeste do Brasil. As anomalias de T para anos de EN do NCEP são positivas e significativas nas regiões do norte e nordeste do continente de dezembro a maio. Essa área diminui nos meses seguintes, e na região centro-sul de setembro a novembro há uma área com valores negativos significativos.

Comparativamente no caso do ECMWF a diminuição de T em anos de EN não se restringe ao centro-sul do continente, mas esta se estende meridionalmente para norte, fato este que é mais notável em DJF e SON. Em anos de LN há diminuição de T em quase todo o continente, exceto no sul. Os dados do ECMWF mostram que essa diminuição é maior nas regiões norte e nordeste do continente. Para os dados do ECMWF as áreas sobre o continente com valores positivos significativos são pequenas, nas regiões nordeste e centro-sul são encontrados valores negativos significativos ao longo dos meses.

Para anos de LN do NCEP observa-se nas regiões norte e nordeste da América do Sul valores negativos significativos de dezembro a agosto, para o ECMWF essa área é menor, e no sul do continente há uma região de valores positivos significativos.

Os resultados indicam que os eventos de EN e de LN podem causar padrões anômalos de T sobre a América do Sul, os quais podem interferir no desenvolvimento de algumas culturas agrícolas. Embora as magnitudes das anomalias de T sejam pequenas em relação a T em si, vale ressaltar que essas anomalias são valores médios trimestrais, e que os anômalos padrões encontrados são relativamente extensos. Assim, os mínimos encontrados, principalmente na região sul da América do Sul podem indicar áreas com ocorrências de geadas. Esta afirmativa é confirmada comparando os resultados da presente análise com os números médios de geadas em JJA do período de 1961-1990 calculados através da Tabela 1 de Müller et al. (2005). Do cálculo do número médio de geadas pode se inferir que geadas tendem a ser mais freqüentes em anos de LN ou em anos normais do que em ano de EN. Portanto, os resultados aqui apresentados fornecem as áreas aproximadas do sul do Brasil que podem ser afetadas por geadas no inverno principalmente em anos de LN.

Os trabalhos submetidos e apresentados durante o período da bolsa segue incluso no relatório no Apêndice A.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MANTUA, N. J.; HARE, S. R.; ZHANG, Y.; WALLACE, J. M.; FRANCIS, R.C. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v.78, n. 6, p. 1069-1079, June 1997.

MINOBE S. A 50-70 year climatic oscillation over the North Pacific and North America, **Geophysical Research Letters**, v.24, 683-686, 1997.

MOLION, L. C. B. 2005. Aquecimento Global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico; Aquecimento Global. El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico, v. 1, Meio digital. [http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/artigos/Artigo\\_Aquecimento\\_0805.pdf](http://www.cptec.inpe.br/products/climanalise/artigos/Artigo_Aquecimento_0805.pdf) - Visualizado em 17/01/2007

MÜLLER, G. V.; T. AMBRIZZI; M. N. NÚÑES. Mean atmospheric circulation leading to generalized frosts in central southern South America. **Theoretical and Applied Climatology**, v.82, p.96-112, 2005.

NATIONAL OCEANIC & ATMOSPHERIC ADMINISTRATION. PACIFIC MARINE ENVIRONMENTAL LABORATORY. TROPICAL ATMOSPHERE OCEAN PROJECT – NOAA/PMEL/TAO. El Niño theme page. Disponível em: <[http://www.pmel.noaa.gov/tao/elniño/nino\\_normal.html](http://www.pmel.noaa.gov/tao/elniño/nino_normal.html)>. Acesso em: 17 mai 2007.

NATIONAL WEATHER SERVICE - CLIMATE PREDICTION CENTER – NWS/CPC. Cold e Warm Episodes by Season. Disponível em: <[http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml)>. Acesso em: 15 jan. 2007.

PARMENTER, F. C. A southern hemisphere cold frost passage at the equator. **Bulletin of the American Meteorological Society**. v. 57(12), p.1435-1440, 1976.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. **Monthly Weather Review**, v. 115, n. 8, p. 1606-1626, Aug. 1987.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation. **Journal of Climate**, v.2, p. 268-284, Mar 1989.

TARIFA, J. R.; H. S. PINTO; R. R ALFONSI; Jr M. J. PEDRO. A gênese dos episódios meteorológicos de julho de 1975 e a variação espacial dos danos causados pelas geadas à cafeicultura no Estado de São Paulo. *Ciência e Cultura*. 29 (12), p. 1363-1374, 1977.

UNIVERSITY OF WASHINGTON - JOINT INSTITUTE FOR THE STUDY OF THE  
ATMOSPHERE AND OCEAN. The Pacific Decadal Oscillation (PDO). Disponível  
em: <<http://jisao.washington.edu/pdo/>>. Acesso em: 17 maio 2007.

## **APÊNDICE A**

Trabalhos submetidos e apresentados no período da bolsa.

**Trabalho apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia  
(CBAGRO)**

**02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE**

# ANOMALIAS DE TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE NA AMÉRICA DO SUL EM ANOS DE EL NIÑO E LA NIÑA

CARINA OLIVEIRA DE SOUZA 1, MARY TOSHIE KAYANO 2.

1 Estudante do 2º ano de Engenharia Ambiental, bolsista de Iniciação Científica, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE, Avenida dos Astronautas 1758, 12227-010 São José dos Campos – SP, Fone: (0xx12) 3945 6645, casouza@cptec.inpe.br. 2 Dra em Meteorologia, Pesquisadora Sênior, INPE, São José dos Campos-SP.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 – Aracaju – SE

**RESUMO:** São apresentados mapas sazonais das anomalias de temperatura do ar (T) sobre a América do Sul para anos de ocorrência de extremos do ENOS – El Niño/Oscilação Sul, (El Niño - EN e La Niña -LN) do período de 1958 a 1995. Análises são feitas usando duas fontes de dados reanalisados, uma originária do European Centre for Medium Range Weather Forecasts – ECMWF e outra do National Centers for Environmental Prediction – NCEP, objetivando investigar as diferenças entre estes conjuntos de dados. Este trabalho almeja também analisar a variabilidade interanual de T na América do Sul. Os campos de anomalias de T das duas fontes de dados mostram padrões consistentes para anos de EN e de LN. Para as duas fontes de dados das estações de verão, outono e primavera de anos de EN, em geral predominam anomalias positivas de T na maior parte do continente, exceto no centro-sul onde ocorrem anomalias de sinal contrário. Na primavera de anos de EN, anomalias negativas de T estendem sobre uma grande parte da América do Sul para as duas fontes de dados. Para as duas fontes de dados, os mapas de anos de LN mostram anomalias negativas de T na maior parte, exceto no sul do continente.

**PALAVRAS-CHAVE:** anomalia de temperatura, extremos de ENOS.

**TÍTULO:** SURFACE TEMPERATURE ANOMALY OVER SOUTH AMERICA DURING EL NIÑO AND LA NIÑA YEARS

**ABSTRACT:** There are presented seasonal maps of air temperature (T) anomalies over South América for the years of the El Niño/Southern Oscillation extremes (El Niño - EN and La Niña -LN) of the 1958-1995 period. Analyses are done using two reanalyzed data sources, the European Centre for Medium Range Weather Forecasts – ECMWF and the National Centers for Environmental Prediction – NCEP, aiming to investigate the differences between the two datasets. The present paper aims also to analyze the interannual variability of T over South America. The T anomaly fields for the two datasets show consistent patterns for EN and LN years. For both datasets, during the summer, autumn and winter seasons of the EN years, in general, positive T anomalies prevail in most of the continent, except in the central-southern, where opposite sign anomalies occur. During spring of EN years, negative T anomalies extend over a large portion of South America for both datasets. For both datasets, the LN maps show negative T anomalies in most part, except in the southern.

**KEYWORDS:** temperature anomaly, ENSO extremes.

**INTRODUÇÃO:** A temperatura do ar (T) na superfície é um fator climático muito importante para a agricultura, pois sua variação pode gerar problemas ou favorecer o cultivo, dependendo dos eventos que ocorrem e da cultura que é cultivada em determinado local. Existem alguns fenômenos que podem agravar ainda mais os problemas agrícolas envolvendo a temperatura como, por exemplo, o El Niño/Oscilação Sul (ENOS).

A maior parte dos estudos relacionados à agricultura envolvendo EN e LN abordam a variação da precipitação durante a ocorrência desses fenômenos. Este trabalho tem como objetivo estudar um outro parâmetro importante para a agricultura, T na superfície (ou em níveis próximos). Assim, as variações de T sobre a América do Sul são investigadas considerando anos de EN e LN do período 1958-1995 e as duas fontes de dados (NCEP e ECMWF).

O ENOS representa um fenômeno de interação oceano-atmosfera no Pacífico Tropical e possui duas fases. A fase quente coincide com a ocorrência do EN que se caracteriza pelo aquecimento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico Equatorial Leste, o que implica em alteração dos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM). Em contraste, na fase fria, LN, ocorre o esfriamento das águas no Pacífico Equatorial leste. Devido às variações da circulação atmosférica envolvida nas fases extremas do ENOS, o campo de T pode também ser afetado. O que poderia implicar em problemas na agricultura como um todo ou em suas fases, como por exemplo, de maturação e colheita.

**MATERIAIS E MÉTODOS:** Nesse trabalho são utilizados dados mensais de T sobre a região da América do Sul limitada entre 112,5°W, 27,5°W, 15°N e 55°S, para o período de 1958 a 1995. Os dados estão em pontos de grade de 2,5 graus em latitude e longitude. Como os dados de T em superfície não são disponíveis no ECMWF, para esta fonte de dados é usada a T à 2 metros. No caso do NCEP é usada a T na superfície. Para brevidade de texto, daqui em diante, tanto T à 2 metros como T à superfície são referidas como T.

Os dados de T do ECMWF estão em graus Kelvin (°K), e os do NCEP em graus Celsius (°C). Os dados do ECMWF são disponíveis nos horários 00Z, 06Z, 12Z e 18Z e os dados do NCEP se referem à média destes horários. Para ser feita a comparação entre as duas fontes de dados os dados do ECMWF são convertidos de °K para °C, através da equação  $T^{\circ C} = T^{\circ K} - 273.15$ . Após a conversão é feito o cálculo para a obtenção da média dos 4 horários dos dados do ECMWF.

Em seguida, são calculadas as climatologias de T (trimestral) em cada ponto de grade. O mesmo é feito para anos seguintes aos de início de eventos de EN (1958, 1969, 1973, 1977, 1983, 1987, 1992 e 1995) e LN (1962, 1965, 1968, 1971, 1974, 1975, 1976, 1985 e 1989). Estes anos de EN e LN foram obtidos do sítio: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml). Para cada trimestre são obtidos os campos de diferença entre a climatologia de T para anos de EN ou LN e climatologia de T de todos os anos. Esses campos, na verdade

representam os campos sazonais de anomalias de T, médios para anos de EN e LN. Estes cálculos são feitos independentemente para as duas fontes de dados.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Os resultados obtidos para as duas fontes de dados para os anos de EN são semelhantes (Figura 1). Para as duas fontes de dados ocorrem anomalias positivas de T na região do Pacífico Equatorial Leste (máximo de  $0,8^{\circ}\text{C}$ ), indicativas de EN, e sobre as regiões norte e nordeste do continente (máximo de  $0,4^{\circ}\text{C}$ ), o que significa um aumento da T em relação à média dos 38 anos. Esse aumento de T é maior nos trimestres de dezembro, janeiro e fevereiro (DJF) e março, abril e maio (MAM), e menor no trimestre de setembro, outubro e novembro (SON), em particular sobre a região oceânica onde as anomalias são pequenas. Isso indica que o evento EN em SON está em sua fase final. Os dados do ECMWF mostram uma diminuição da T na região centro-sul do continente, que se estende meridionalmente para norte em particular durante DJF e SON. Para esta mesma fonte, os mínimos negativos de maior valor absoluto são encontrados no centro-sul durante os trimestres de junho, julho e agosto (JJA) e SON. Em SON ocorrem valores mínimos de até  $-0,8^{\circ}\text{C}$  que estão mais centrados no continente. Por outro lado, para o NCEP as anomalias negativas de T estão confinadas no centro-sul do continente e não excedem  $-0,2^{\circ}\text{C}$  durante DJF, MAM e JJA. Similar ao caso do ECMWF, em SON as anomalias negativas estão mais centradas no continente e têm valores mínimos de até  $-0,8^{\circ}\text{C}$ . As anomalias negativas de T no centro-sul devem estar relacionadas com a nebulosidade associadas a precipitação acima da média em anos de EN (Ropelewki e Halpert, 1987).

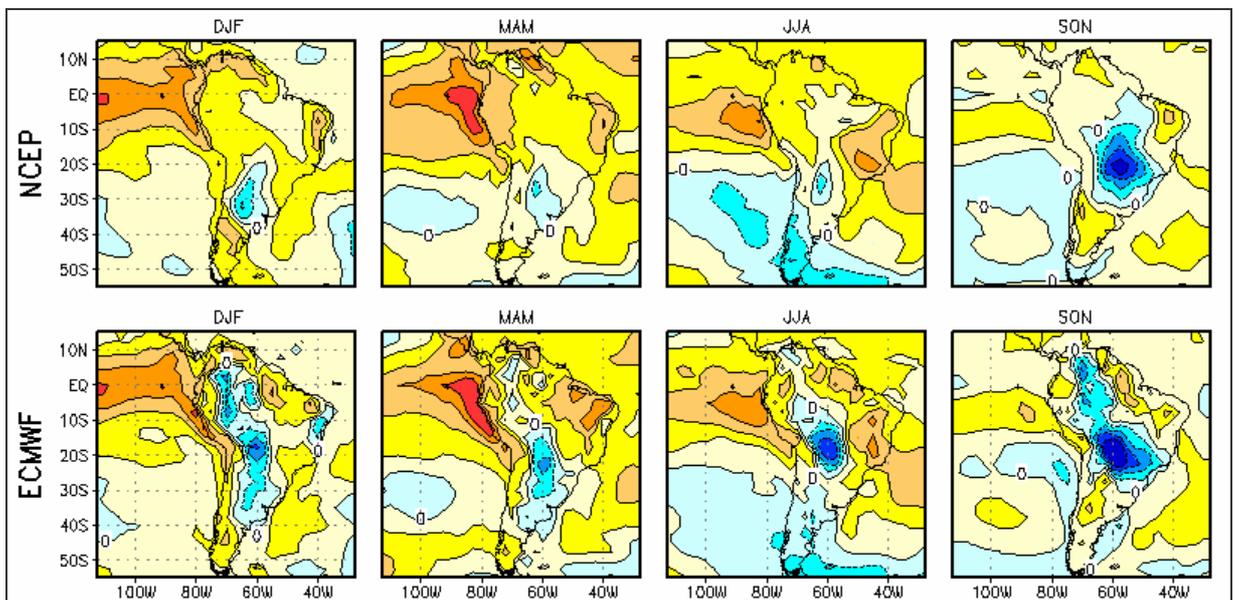


Figura 1 – Anomalias sazonais da temperatura do ar do NCEP e ECMWF para os anos de El Niño do período de 1958-1995. O intervalo de contorno é  $0,2^{\circ}\text{C}$ , os contornos positivos (negativos) são contínuos (tracejados).

Os resultados obtidos para as duas fontes de dados para os anos de LN (Figura 2) têm padrões similares, com uma diminuição da T em relação à média dos 38 anos no Oceano Pacífico Equatorial Leste, que é maior no trimestre de DJF. Isso é indicativo da ocorrência de LN. Os dados do NCEP mostram uma diminuição da T sobre o continente menor dos que os dados do ECMWF. Os dados do ECMWF mostram uma

diminuição maior de T nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste do continente em relação aos dados do NCEP.

É interessante notar para as duas fontes de dados, um centro negativo de anomalias de T (com valor mínimo de  $-0,8^{\circ}\text{C}$ ) localizado sobre o continente entre  $40^{\circ}\text{S}$  e  $50^{\circ}\text{S}$  em DJF. Gradualmente, de MAM a SON as anomalias positivas de T que se encontram ao sul de  $50^{\circ}\text{S}$  se intensificam e avançam para norte sobre continente até aproximadamente  $30^{\circ}\text{S}$ . No caso do NCEP, neste processo as anomalias negativas de T que existem ao norte destas anomalias positivas são reduzidas em valor absoluto e restringem-se para regiões mais ao norte. No caso do ECMWF, as anomalias negativas mantêm suas magnitudes e se restringem às regiões norte nordeste. As anomalias positivas de T encontradas no sul do continente, que se estendem até aproximadamente  $25^{\circ}\text{S}$  em JJA e SON podem estar relacionadas a maior insolação devido a chuvas abaixo da média em anos de LN (Ropelewski and Halpert, 1989).

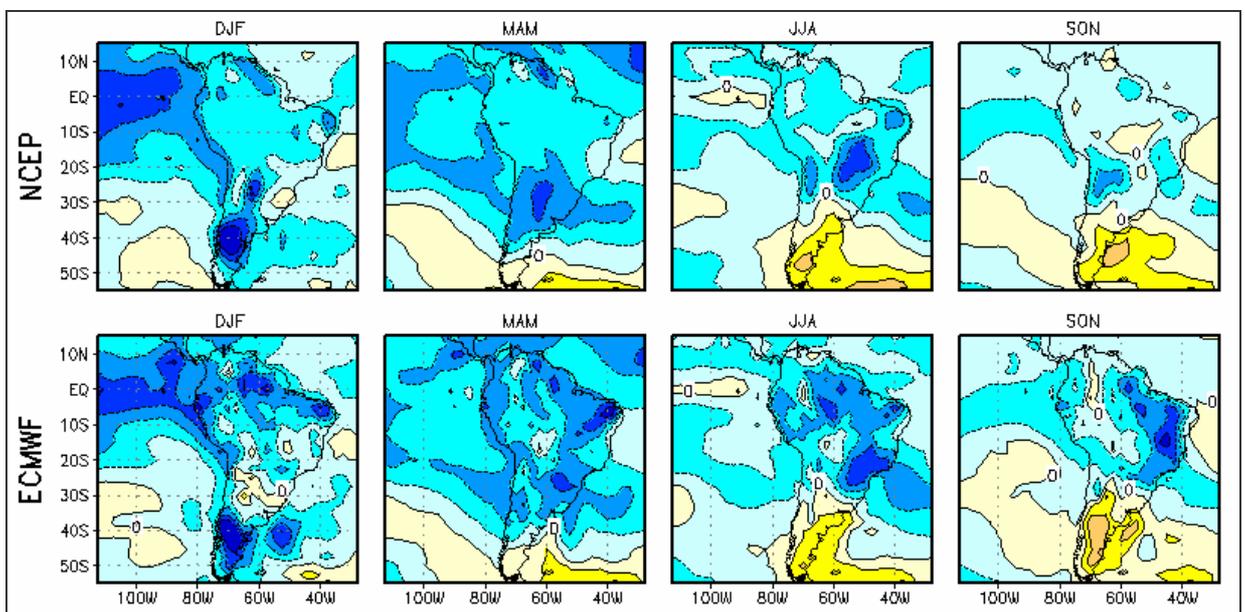


Figura 2 – Anomalias sazonais da temperatura do ar do NCEP e ECMWF para os anos de La Niña do período de 1958-1995. O intervalo de contorno é  $0,2^{\circ}\text{C}$ , os contornos positivos (negativos) são contínuos (tracejados).

Embora as magnitudes das anomalias de T possam parecer pequenas em relação a T em si, vale ressaltar que as anomalias são valores médios trimestrais, e que os padrões encontrados são relativamente extensos. Assim, os mínimos encontrados, principalmente na região sul da América do Sul podem ser indicativos de áreas com ocorrências de geadas. Como o objetivo aqui não é analisar este fenômeno, que em geral é analisado usando a temperatura mínima local, recorre-se a estudos anteriores sobre geadas para confirmar esta afirmativa. Usando a Tabela 1 de MÜLLER (et al., 2005) que se refere ao número de geadas para JJA no período de 1961-1990, são calculados os números médios de geadas em anos de EN e de LN deste período. Este cálculo mostra que geadas tendem a ser mais frequentes em anos de LN ou em anos normais do que em ano de EN. A geada de 1975, identificada por MÜLLER (et al., 2005), havia sido anteriormente estudada por Parmenter (1976) e Tarifa et al. (1977). Tarifa et al (1977) analisaram os danos desta geada na cafeicultura no Brasil. Esta geada ocorreu em período de LN, que persistiu por mais de um ano, e teve sua

classificação como forte, de acordo com o sítio do CPTEC – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos.

**CONCLUSÕES:** Os resultados mostram algumas diferenças nos padrões de T entre as fontes de dados (NCEP-ECMWF), tanto em anos de EN como em anos de LN. No entanto, tais padrões são consistentes para as duas fontes de dados. No caso do NCEP, em anos de EN há uma tendência de diminuir a T em relação à média de 38 anos no centro-sul do continente enquanto em todo o resto as anomalias de T são positivas, podendo chegar em média a 0,6°C. Isso é notável nos trimestres DJF, MAM e JJA. Em SON, a diminuição de T (com mínimo de -0,8°C) se estende por uma grande parte do continente incluindo o sul, sudeste e centro oeste do Brasil. Comparativamente no caso do ECMWF a diminuição de T em anos de EN não se restringe ao centro-sul do continente, mas esta se estende meridionalmente para norte, fato este que é mais notável em DJF e SON. Em anos de LN há diminuição da T em quase todo o continente, exceto no sul. Os dados do ECMWF mostram que essa diminuição é maior na região Norte e Nordeste.

Os resultados apresentados indicam que os eventos de EN e de LN podem causar padrões anômalos de T sobre a América do Sul, os quais podem interferir no desenvolvimento de algumas culturas agrícolas. Embora as magnitudes das anomalias de T sejam pequenas em relação a T em si, vale ressaltar que essas anomalias são valores médios trimestrais, e que os anômalos padrões encontrados são relativamente extensos. Assim, os mínimos encontrados, principalmente na região sul da América do Sul podem indicar áreas com ocorrências de geadas. Esta afirmativa é confirmada comparando os resultados da presente análise com os números médios de geadas em JJA do período de 1961-1990 calculados através da Tabela 1 de Muller et al. (2005). Do cálculo do número médio de geadas pode se inferir que geadas tendem a ser mais frequentes em anos de LN ou em anos normais do que em ano de EN. Portanto, os resultados aqui apresentados fornecem as áreas aproximadas do sul do Brasil que podem ser afetadas por geadas no inverno principalmente em anos de LN.

**AGRADECIMENTOS:** Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica (PIBIC) no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, à primeira autora.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:** Disponível em: <http://www.cptec.inpe.br/enos/>. Acesso em: 26/mar/2007.

Disponível em: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml). Acesso em: 15/jan/2007.

MÜLLER, G. V.; T. AMBRIZZI; M. N. NÚÑES. Mean atmospheric circulation leading to generalized frosts in central southern South America. **Theoretical and Applied Climatology**, v.82, p.96-112, 2005.

PARMENTER, F. C. A southern hemisphere cold frost passage at the equator. **Bulletin of the American Meteorological Society**. v. 57(12), p.1435-1440, 1976.

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

ROPELEWSKI, C. F.; M. S. HALPERT. Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation. **Journal of Climate**, v.2, p. 268-284, 1989.

TARIFA, J. R.; H. S. PINTO; R. R. ALFONSI; Jr M. J. PEDRO. A gênese dos episódios meteorológicos de julho de 1975 e a variação espacial dos danos causados pelas geadas à cafeicultura no Estado de São Paulo. *Ciência e Cultura*. 29 (12), p. 1363-1374, 1977.

**Trabalho submetido no Encontro Latino Americano de Iniciação Científica (XI  
INIC) e Encontro Latino Americano de Pós Graduação (VII EPG)  
18 e 19 de outubro de 2007 – São José dos Campos – SP**

# RELAÇÃO DA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE SOBRE A AMÉRICA DO SUL COM EL NIÑO/OSCILAÇÃO SUL XI INIC / VI EPG - UNIVAP 2007

*Carina Oliveira de Souza<sup>1</sup>, Mary Toshie Kayano<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Av. dos Astronautas 1758, 12227-010 São José dos Campos - SP, casouza@cptec.inpe.br

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos, Av. dos Astronautas 1758, 12227-010 São José dos Campos - SP, mary@cptec.inpe.br

**Resumo-** Este trabalho almeja analisar a variabilidade interanual de temperatura do ar (T) na América do Sul. Assim são analisadas as anomalias sazonais de T sobre a América do Sul para anos de extremos do ENOS – El Niño/Oscilação Sul, (El Niño - EN e La Niña - LN) do período de 1958 a 1995. Análises são feitas usando dados reanalisados originários do National Centers for Environmental Prediction – NCEP, objetivando investigar as variações de T durante esses eventos. Os campos de anomalias de T mostram padrões consistentes para anos de EN e de LN. Em geral nas estações de verão, outono e primavera de anos de EN predominam anomalias positivas de T na maior parte do continente, exceto no centro-sul onde ocorrem anomalias de sinal contrário. Na primavera de anos de EN, anomalias negativas de T estendem sobre uma grande parte da América do Sul. Nos anos de LN ocorrem anomalias negativas de T na maior parte, exceto no sul do continente.

**Palavras-chave:** anomalia de temperatura, extremos de ENOS.

**Área do Conhecimento:** Ciências Exatas e da Terra.

## Introdução

A temperatura do ar (T) na superfície é um fator climático muito importante. Existem alguns fenômenos que podem ocasionar variações de T, por exemplo, o El Niño/Oscilação Sul (ENOS).

O ENOS representa um fenômeno de interação oceano-atmosfera, associado a alterações dos padrões normais da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) e dos ventos alísios na região do Pacífico Tropical, compreendida entre a costa Peruana e o Pacífico Oeste próximo à Austrália.

O ENOS possui duas fases: a fase quente coincide com a ocorrência do EN que se caracteriza pelo aquecimento anormal das águas superficiais e sub-superficiais do Oceano Pacífico Equatorial Leste e por ventos alísios mais fracos na região do Pacífico Equatorial, entre a costa Peruana e o Pacífico Oeste próximo à Austrália. Na fase fria, LN, ocorre o esfriamento das águas no Pacífico Equatorial leste e fortalecimento dos ventos alísios na faixa equatorial do Pacífico, o que implica na alteração dos padrões normais da TSM. Devido às variações da circulação atmosférica

envolvida nas fases extremas do ENOS, o campo de T pode também ser afetado.

Essas fases representam alterações no sistema oceano-atmosfera no Oceano Pacífico Tropical, que afetam o tempo e o clima em escala global. Com o aquecimento ou esfriamento do oceano, juntamente com as alterações nos ventos alísios ocorrem mudanças no transporte de umidade e conseqüentemente nas distribuições de chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas. Em algumas regiões do globo pode ser observado também aumento ou queda de temperatura associada ao ENOS (Philander, 1990).

## Materiais e Métodos

Nesse trabalho são utilizados dados mensais de T sobre a região da América do Sul limitada entre 112,5°W, 27,5°W, 15°N e 55°S, para o período de 1958 a 1995. Os dados estão em pontos de grade de 2,5 graus em latitude e longitude.

A T utilizada encontra-se em graus Celsius (°C) e esses dados referem-se a média dos horários 00Z, 06Z, 12Z e 18Z. São calculadas as climatologias de T (trimestral) em cada ponto de grade. O

mesmo é feito para anos seguintes aos de início de eventos de EN (1958, 1969, 1973, 1977, 1983, 1987, 1992 e 1995) e LN (1962, 1965, 1968, 1971, 1974, 1975, 1976, 1985 e 1989). Estes anos de EN e LN foram obtidos do sítio: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtm](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtm).

Para cada trimestre são obtidos os campos de diferença entre a climatologia de T para anos de EN ou LN e climatologia de T de todos os anos. Esses campos representam os campos sazonais de anomalias de T, médios para anos de EN e LN.

A anomalia foi novamente calculada trimestralmente, dessa vez fazendo a valor mensal menos a média mensal para cada ponto de grade. A partir disso foi calculada a significância estatística desses valores, para a visualização da região do continente que é mais ou menos afetada pelas variações de T. Para o cálculo da significância estatística da média considerar que uma série {X} de N elementos tem média  $\bar{X}$  e desvio padrão  $\sigma$ . A média  $\bar{X}$  é significativa se esta for maior que  $\frac{t \cdot \sigma}{\sqrt{N-1}}$ , onde t é o valor da distribuição t de Student para  $\alpha=0,05$  e N-1, para o nível de confiança de 95%.

## Resultados

Em anos de EN (Figura 1) ocorrem anomalias positivas de T na região do Pacífico Equatorial Leste (máximo de 0,8°C), e sobre as regiões norte e nordeste do continente (máximo de 0,4°C), o que significa um aumento da T em relação à média dos 38 anos. O padrão de anomalias de T sobre o Pacífico tropical leste é indicativo de ocorrência de EN. O aumento de T é maior nos trimestres de dezembro, janeiro e fevereiro (DJF) e março, abril e maio (MAM), e menor no trimestre de setembro, outubro e novembro (SON), em particular sobre a região oceânica onde as anomalias são pequenas, indicando que o evento EN está em sua fase final. As anomalias negativas de T estão confinadas no centro-sul do continente e não excedem -0,2°C durante DJF, MAM e JJA. As anomalias negativas de T no centro-sul devem estar relacionadas com a nebulosidade

associadas a precipitação acima da média em anos de EN (Ropelewki e Halpert, 1987).

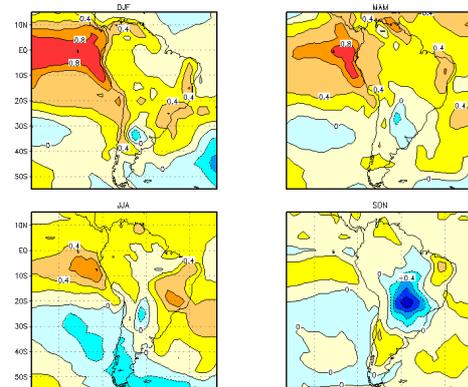


Figura 1 - Anomalias sazonais de T para anos de EN. Regiões com amarelo claro possuem diferenças que variam de 0°C a 0,2°C e com azul escuro valores menores que -0,8°C.

Em anos de LN (Figura 2) pode-se observar que há uma diminuição da T em relação à média climatológica no Oceano Pacífico Equatorial Leste, que é maior no trimestre de DJF indicando sua ocorrência.

Destaca-se em DJF um centro negativo de anomalias de T (com valor mínimo de -0,8°C) localizado sobre o continente entre 35°S e 45°S. De MAM a SON as anomalias positivas de T que se encontram ao sul de 50°S gradualmente se intensificam e avançam para norte sobre continente até aproximadamente 30°S. As anomalias negativas de T ao norte destas anomalias positivas são reduzidas em valor absoluto e restringe-se a regiões mais ao norte.

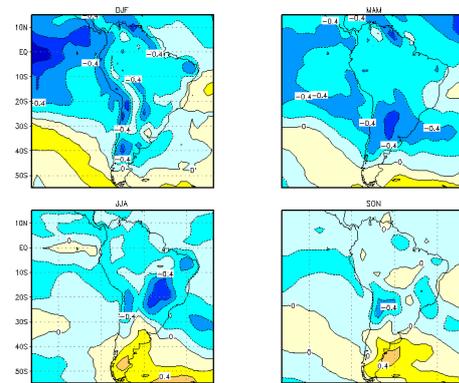


Figura 2 - Anomalias sazonais de T para anos de LN. Regiões com amarelo claro possuem diferenças que variam de 0°C a 0,2°C e com azul escuro valores menores que -0,8°C.

A despeito de as magnitudes das anomalias de T serem pequenas em relação a T em si, destaca-se que as anomalias se referem a valores médios trimestrais, e que os padrões encontrados são relativamente extensos. Isso indica que existem áreas com valores significativos.

A significância das anomalias é mostrada e discutida abaixo.

As anomalias de T para anos de EN são positivas e significativas nas regiões norte e nordeste do continente de dezembro a maio. Essa área diminui nos meses seguintes. Na região centro-sul do continente de setembro a novembro há uma área com valores negativos significativos (Figura 3).

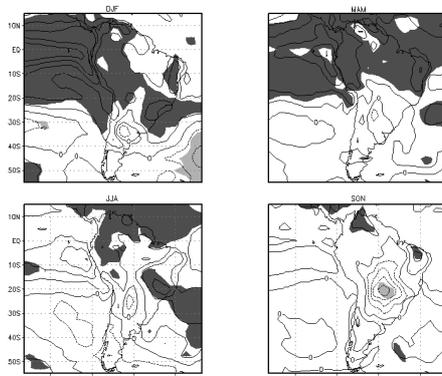


Figura 3 – Valores trimestrais de anomalias de T para anos de EN. A significância estatística está indicada pelas áreas hachuradas. Isolinhas contínuas (pontilhadas) são positivas (negativas).

Para anos de LN observam-se nas regiões norte e nordeste do continente valores negativos significativos de dezembro a agosto (Figura 4).

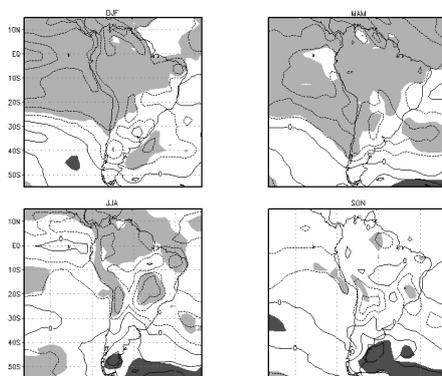


Figura 4 - Valores trimestrais de anomalias de T para anos de LN. A significância estatística está indicada pelas áreas

hachuradas. Isolinhas contínuas (pontilhadas) são positivas (negativas).

### Conclusão

Em anos de EN há uma tendência de diminuir a T em relação à média climatológica no centro-sul do continente e nas demais áreas as anomalias de T são positivas, podendo chegar em média a 0,6°C. Isso é notável nos trimestres DJF, MAM e JJA. Em SON, a diminuição de T (com mínimo de -0,8°C) se estende por uma grande parte do continente incluindo o sul, sudeste e centro oeste do Brasil. Em anos de LN há diminuição da T em quase todo o continente, exceto no sul.

Os resultados apresentados indicam que os eventos de EN e de LN podem causar padrões anômalos de T sobre a América do Sul. Vale ressaltar que as magnitudes das anomalias de T são pequenas, mas essas anomalias são valores médios trimestrais, e os anômalos padrões encontrados são relativamente extensos. Isso nos fornece uma indicação da significância estatística dos padrões com as maiores anomalias. De fato, as análises da significância dos padrões mostram que anomalias cujas magnitudes em valor absoluto excedem -1°C e 1°C são em geral significantes.

### Agradecimentos:

Agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão da bolsa de iniciação científica (PIBIC) no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, à primeira autora.

### Referências

- Disponível em: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml). Acesso em: 15/jan/2007.
- PHILANDER, S.G.H., 1990: El Niño, La Niña and the Southern Oscillation. Academic Press, San Diego, CA, 289 pp.
- ROPELEWSKI, C. F.; M. S. HALPERT. Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. Monthly Weather Review, v. 115, p. 1606-1626, 1987.