

Revista Brasileira de Meteorologia, volume 17, número 2, Dezembro de 2002 (165-179)

UMA ASSOCIAÇÃO ENTRE AS ANOMALIAS DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DO MAR DOS OCEANOS PACÍFICO E ATLÂNTICO E A TEMPERATURA, GEADAS E PRECIPITAÇÃO NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO IAG/USP EM SÃO PAULO DURANTE O PERÍODO DE INVERNO

ALEXANDRE BERNARDES PEZZA E TÉRCIO AMBRIZZI

Departamento de Ciências Atmosféricas
Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas
Universidade de São Paulo
Rua do Matão, 1226. Cidade Universitária
CEP : 05508-900 - São Paulo, SP, Brasil
e-mail: alepezza@model.iag.usp.br; ambrizzi@model.iag.usp.br

RESUMO

Este trabalho estuda a associação entre anomalias da Temperatura da Superfície do Mar dos oceanos Pacífico e Atlântico e a temperatura, precipitação, umidade relativa, número de dias de chuva e geadas na estação meteorológica do IAG/USP (São Paulo) durante os meses de Junho, Julho e Agosto. Foram feitas composições de anomalias de TSM para os invernos com características anômalas em São Paulo no período de 1950 à 1996. A influência do fenômeno El Niño / Oscilação Sul (ENOS) também foi analisada através da distribuição da ocorrência de anos anômalos com relação à classificação El Niño, La Niña ou ano normal.

Verificou-se que os meses de junho e julho com temperaturas acima da média em São Paulo estão associados a duas áreas anômalas nos oceanos: um aquecimento bastante definido no Pacífico Equatorial e uma região de aquecimento no oceano Atlântico próximo à costa sudeste do Brasil. Por outro lado, os meses de junho e julho com temperaturas significativamente abaixo da média mostraram associação com padrões opostos aos encontrados anteriormente. Estes padrões também são válidos para o período de inverno tomado como um todo, mas para o mês de agosto isoladamente nada pode-se afirmar. Coerentemente, a distribuição de frequência de eventos confirmou uma maior incidência de anos de La Niña para junhos e julhos frios e de anos de El Niño para junhos e julhos quentes. Em termos da ocorrência de geadas, julho apresentou associação com a fase quente (El Niño), indicando uma relação aparentemente oposta a que foi encontrada para a temperatura média.

Finalmente, através da análise da precipitação, número de dias de chuva e umidade relativa do ar, concluiu-se que tais elementos em São Paulo apresentam pouca ou nenhuma associação com a fase do ENOS, o que está de acordo com outros trabalhos onde foi sugerido que a região de São Paulo está localizada em uma área de transição no que diz respeito ao impacto do fenômeno ENOS na precipitação.

Palavras -chave: Geadas, TSM, Pacífico, Atlântico, Umidade, Ondas de Frio

**RELATIONSHIP BETWEEN THE PACIFIC AND ATLANTIC SURFACE
TEMPERATURE ANOMALIES AND TEMPERATURE, FROST AND
PRECIPITATION AT IAG/USP METEOROLOGICAL STATION IN SÃO PAULO
DURING WINTERTIME**

ABSTRACT

This work shows an association between SST (Sea Surface Temperature) anomalies in the Pacific and Atlantic oceans and surface temperature, precipitation, relative humidity, number of days with precipitation and frost at the IAG/USP meteorological station located in the southern sector of São Paulo city, Brazil. Composites of SST anomalies for anomalous years in São Paulo were produced, and each year was classified into El Niño, La Niña or normal, according to the El Niño / Southern Oscillation (ENSO) phase. Analyses have been carried out for the Southern Hemisphere wintertime period (June, July and August), on monthly and seasonal bases.

The analysis indicated out that warm June and July in São Paulo are associated with a Niño type warming in the Equatorial Pacific and with a warm pool in the Atlantic near the southeastern coast of South America. In addition, cold June and July are associated with approximate opposed patterns. Nevertheless, during August, no significant association was identified. In terms of frosts, July with frosts showed an association with the warm ENSO phase (El Niño). This pattern seemed to be opposed to the mean temperature case, but it is physically reasonable since mean temperature and extreme events are not necessarily connected. Finally, the precipitation, number of rainy days and relative humidity showed no significant association with the ENSO phase.

Key words: Frosts, SST, Pacific, Atlantic, humidity, Polar Waves

1. INTRODUÇÃO

Dentre os inúmeros fenômenos meteorológicos que influem de forma significativa nas atividades humanas, as massas de ar polar podem ser apontadas como sendo de grande importância. Em especial para a América do Sul (AS), que é um continente onde ainda há um predomínio agrícola na economia, a ocorrência de geadas ou de temperaturas muito baixas pode gerar grandes perdas econômicas. Por exemplo, sua incidência nas plantações de café no sudeste do Brasil pode elevar consideravelmente os preços deste produto no mercado internacional (Marengo et al, 1997). Na Argentina, muitos transtornos sociais ocorrem em anos de grandes nevadas no sul do país (Nuñez et al, 1995).

Em termos de ondas de frio na América do Sul (AS), é relativamente grande o número de trabalhos que estudaram casos de intensa penetração de ar polar na região tropical e equatorial. Hamilton e Tarifa (1978), por exemplo, analisaram os aspectos sinóticos de uma onda de frio associada à geadas no Sul, Sudeste e Centro - Oeste do Brasil em julho de 1972, a qual ocasionou severos danos em plantações de café. Os resultados indicaram que o evento foi precedido por uma rápida ciclogênese na região do chaco, na presença de uma profunda camada de ar frio ao redor de 35°S e de um anticiclone polar em desenvolvimento na região Patagônica, com trajetória bastante meridional.

Girardi (1983) analisou a forte geada ocorrida nos Trópicos em 1975, considerada uma das mais intensas dos últimos cem anos, e concluiu que, naquele caso, um ciclone extratropical situado próximo às ilhas Malvinas desempenhou um papel fundamental para o acúmulo de ar frio no extremo sul do continente durante o início do evento, enquanto um centro de alta pressão de

origem polar, que transpôs os Andes na região da Patagônia, deslocou-se rapidamente para o norte.

Fortune e Kousky (1983) estudaram as geadas mais fortes de 1979 e 1981, e obtiveram resultados bastante semelhantes, destacando ainda que uma onda curta que transpôs os Andes na fase preliminar do evento foi responsável pela rápida intensificação de uma frente pouco ativa que já se encontrava na Argentina central, no caso ocorrido em maio/junho de 1979. Dapozzo e Silva Dias (1994) estudaram o caso de julho de 1988, mostrando a importância do fortalecimento do centro de alta pressão, que chegou a 1045 hPa na Argentina central, impulsionando o sistema frontal para além do Equador.

Mais recentemente, Marengo et al (1997) estudaram o evento extremo de penetração de ar polar em latitudes tropicais e equatoriais ocorrido em junho de 1994, que teve consequências dramáticas para a produção de café no Sudeste do Brasil, concluindo que a intensificação de um cavado em altos níveis cruzando os Andes na região Patagônica é uma característica de um evento com potencial de transportar ar frio para estas regiões, e que, apesar das razões para tal intensificação ainda requererem mais estudos, aparentemente ondas com velocidades zonais mais elevadas seriam mais propícias a serem intensificadas ao cruzar os Andes.

Bosart et al (2000) fizeram algumas simulações numéricas para uma onda de frio ocorrida em julho de 1994, cerca de quinze dias após o evento anterior descrito por Marengo et al (1997), e mostraram que o anticiclone migratório se intensificou ao cruzar os Andes e descreveu uma trajetória bastante meridional, associada ainda a um ciclone intenso na costa do Rio Grande do Sul (RS). Ainda neste caso, os ventos Alísios teriam sido fortalecidos pela frente, que intensificou a Zona de Convergência Inter-Tropical (ZCIT) ao norte do Equador.

Outros trabalhos como Krishnamurti et al (1999), Garreaud (2000), e Vera e Vighiarolo (2000) analisaram a estrutura e suporte dinâmico nos médios e altos níveis associados a propagações polares, mostrando que o norte da Argentina é uma das regiões de alta variabilidade, e que a ocorrência de geada no Sudeste do Brasil está intimamente ligada à

amplificação das ondas no Pacífico muitos dias antes do evento. Maiores detalhes a respeito de outras referências na literatura podem ser encontrados em Ambrizzi e Pezza (1999), que fizeram uma compilação dos principais trabalhos sobre ondas de frio, correlacionando sua ocorrência com a propagação de ciclones e anticiclones extratropicais.

Na Argentina, Muller et al (2000) relacionaram a ocorrência de geada nos pampas Argentinos com as diferentes fases do fenômeno ENOS (El Niño / Oscilação Sul), e mostraram que em anos de El Niño a ocorrência de geadas é estatisticamente inferior à média climatológica. Rusticucci (2000), mostrou algumas análises semelhantes para temperaturas extremas na Argentina associadas ao fenômeno ENOS, indicando que em anos de El Niño o inverno tende a ser mais quente que o normal no norte do país, com maior probabilidade de eventos extremos de calor.

Este trabalho é uma análise da associação entre anomalias de temperatura, precipitação e ocorrência de geadas na estação meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP) e composições de anomalias globais de TSM durante os meses de junho, julho e agosto. Os invernos foram divididos em categorias quentes, frias em termos médios (temperatura média baixa) e frio extremo (ocorrência de geadas), baixa e alta umidade relativa do ar, e finalmente chuvosas e não chuvosas, para o período de 1950 à 1996. Na seção 2, são apresentados os dados e metodologia; na seção 3, os resultados das composições bem como os possíveis mecanismos físicos associados aos padrões obtidos, e a seção 4 resume os principais resultados deste estudo.

2. DADOS E METODOLOGIA

Para este estudo, foram utilizados dados médios mensais de precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, número de dias de chuva, dados diários de temperatura mínima absoluta e ocorrência de geadas para a estação meteorológica do Instituto de Astronomia, Geofísica e

Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo (IAG/USP). Trabalhou-se com o período climatológico correspondente aos três meses mais frios do ano na estação: junho, julho e agosto (JJA) de 1950 à 1996, com exceção dos dados de umidade relativa do ar, os quais foram usados para o período de 1977 à 1996. Todas as variáveis foram medidas no abrigo, à cerca de 1.5 metro de altura. A estação está localizada no Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (antigo Parque do Estado) à uma altitude de 799.2 m, coordenadas de 23° 39' S e 46° 37' W, e encontra-se catalogada junto à Organização Meteorológica Mundial (OMM). Sabe-se que algumas ondas de frio intensas, com ocorrência de geadas, foram registradas fora do período JJA, entretanto acredita-se que os principais padrões de inverno tenham sido capturados dentro do período utilizado.

Conforme é discutido no item 3, foram usados os dados da Reanálise do NCEP (Kalnay et al, 1996) para o período de 1948 à 2001 disponíveis online (www.cdc.noaa.gov) para a realização de algumas composições de campos atmosféricos associados às anomalias de temperatura na estação do IAG, com o objetivo de mostrar que as anomalias nesta estação podem ser extrapoladas para determinados padrões de grande escala.

Foram realizadas composições de anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) para casos anômalos dos parâmetros meteorológicos da estação do IAG, a fim de verificar-se a hipótese de uma eventual associação entre as anomalias de TSM e anomalias de temperatura, umidade, número de dias de chuva, precipitação e geada em São Paulo, analisando-se os resultados sob o ponto de vista de mecanismos físicos associados, com discussões dos possíveis controles que as anomalias de TSM poderiam exercer nas variáveis atmosféricas.

Dados de TSM fornecidos pelo COADS (Woodruff et al, 1987), com uma resolução espacial de 1.0°, foram utilizados para o período de 1950 à 1996. Estes dados abarcam todo o globo em uma área que vai desde 40°S até aproximadamente 40°N, e têm sido largamente utilizados por vários pesquisadores, tanto no meio oceanográfico, quanto meteorológico (vide também Pan e Oort, 1990, Woodruff et al, 1998 e Coelho, 2001, por exemplo).

Através dos dados da estação meteorológica do IAG/USP foram determinados os invernos frios, quentes, de baixa precipitação, de alta precipitação, de alto número de dias de chuva, com baixo número de dias de chuva, secos, úmidos (usando-se a umidade relativa do ar), e invernos com ocorrência de geadas, porém não necessariamente frios na média. Dois critérios básicos de seleção foram utilizados: o intervalo de um desvio padrão, e o primeiro e terceiro quartis, como limite para caracterização de anos anômalos para a seleção (Essenwanger, 1986).

Para todas as variáveis, os cálculos das composições foram feitos para as duas metodologias propostas (desvio padrão e primeiro e terceiro quartis), de forma a verificar se variações no procedimento estatístico apontam para o mesmo resultado. Em todos os casos, a técnica do intervalo de um desvio padrão foi mais restritiva do que o método dos quartis. Obteve-se, após as variações, resultados de mesmo sinal, com diferenças variáveis na magnitude.

Para temperatura e número de dias com precipitação todos os resultados foram apresentados com base no critério do intervalo de um desvio padrão, pois esta metodologia produziu um número suficientemente grande de anos para as composições, contendo pelo menos seis anos em cada caso, e anomalias de TSM com sinais mais fortes e bem definidos. Para a umidade relativa do ar, utilizou-se a metodologia dos quartis, para obter-se uma amostragem equiparável a das demais variáveis. Finalmente, para a precipitação foram apresentados os resultados baseados nas duas metodologias, favorecendo uma discussão física mais ampla. Os cálculos foram realizados para cada um dos meses de inverno separadamente, e também se considerando a média para todo o período de JJA.

Analisando-se a hipótese de séries estacionárias (Xavier et al, 1994), verificou-se que apenas as séries de temperatura média para junho e julho possuem uma ligeira tendência de aumento especialmente após a década de 70, no entanto, esta tendência não é estatisticamente significativa, uma vez que os coeficientes de correlação linear pelo método dos Mínimos Quadrados resultaram menores que 0.35, em módulo, para ambos os casos. Com base nestas

considerações, acredita-se que os desvios padrões das séries e a técnica de quartis possam ser usados com boa segurança para a determinação de casos anômalos.

Para a seleção de casos de geada no IAG/USP, utilizou-se o critério da identificação física da ocorrência: presença de camada de gelo no gramado da estação. Por ser uma estação profissional de alta qualidade, considerada como uma das melhores do país, há boa segurança em confiar-se nos registros de ocorrência visual. A climatologia da estação mostra, entretanto, que é possível a ocorrência de geada com temperaturas de até $+6^{\circ}\text{C}$ no abrigo. Dessa forma, para garantir que não fossem pegos casos de geadas fracas, foram selecionados somente os dias de temperatura mínima absoluta menor ou igual à 2.5°C no abrigo. Este valor de temperatura é apenas uma referência para garantir a exclusão de geadas muito fracas. Segundo o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), por exemplo, geadas moderadas e intensas são verificadas mais frequentemente com temperaturas abaixo deste patamar, em regiões tropicais.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Temperatura média

A tabela 1 mostra os meses e os invernos frios e quentes, na média, obtidos para a cidade de São Paulo, indicando também os anos com ocorrência de El Niño e La Niña, de acordo com a classificação sazonal do National Centers for Environmental Prediction (NCEP/USA), a qual encontra-se disponível na Internet no endereço: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products>.

Pela tabela 1, observa-se que a ocorrência de eventos frios ficou concentrada nas décadas de 50 e 60, enquanto a ocorrência de eventos quentes concentrou-se em anos mais recentes. As temperaturas médias obtidas para os casos frios e quentes extremos de cada uma

das composições são mostradas na tabela 2. **(INCLUIR TABELA 1) (INCLUIR TABELA 2)**

Pela distribuição de anos de El Niño e La Niña na tabela 1, observa-se que, apesar de existir uma grande variabilidade, a maior parte de casos frios estão associados à eventos de La Niña, enquanto a maior parte dos casos quentes foram associados à eventos El Niño. Essa tendência é mais marcante em junho, com quatro casos frios Niña e apenas um Niño, e cinco casos quentes Niño e apenas duas Niñas. Para agosto, a distribuição é equitativa, o que significa que há pouca ou nenhuma associação das temperaturas médias com o fenômeno ENOS. Considerando-se o período JJA, o caso frio apresentou três Niñas, um Niño e três anos normais, e o caso quente apresentou três Niños e três anos normais, mas nenhuma Niña.

Alguns trabalhos têm apontado os impactos do fenômeno El Niño nas Regiões Sul e Sudeste do Brasil, sugerindo que invernos mais quentes em São Paulo durante anos de El Niño podem estar associados ao fortalecimento do Jato Subtropical no sul do Brasil e ao conseqüente bloqueio das frentes frias (Kousky et al, 1984, Nobre et al, 1986 e Ambrizzi, 1994, por exemplo).

Observando-se os casos de desvios extremos com relação a média mostrados na tabela 2, fica evidente que todos os extremos frios estiveram associados à eventos La Niña, enquanto no caso dos eventos quentes, houve registro de um ano de El Niño (1992) e três anos próximos à normalidade, em termos da TSM no Pacífico Equatorial.

A figura 1 mostra a composição das anomalias do vetor e magnitude do vento (m/s) em 925 hPa para os invernos frios na estação do IAG (figura 1A) e a composição das anomalias de espessura 1000-500 hPa (m) para os invernos quentes (figura 1B), baseado nos dados da reanálise do NCEP. **(INCLUIR FIGURA 1)**

Pela análise da figura 1, alguns padrões interessantes são encontrados. Primeiramente, no caso da composição para invernos frios (figura 1A), verifica-se, pelas anomalias de vento, que toda a Região Sul e a maior parte da costa brasileira apresentaram anomalias com componente sul superiores à 1m/s. No oceano Atlântico, percebe-se uma ampla faixa com

anomalias de sudeste “conectando” o sul do Brasil com altas latitudes. Este padrão, do ponto de vista sinótico, mostra que houve uma configuração de grande escala favorável para o aporte de ar frio na Região Sul e faixa litorânea do país.

Para o caso dos invernos quentes (figura 1B), as anomalias de espessura mostram um centro positivo de cerca de +17m próximo ao litoral do Paraná, influenciando toda a Região Sul e Sudeste do país, enquanto na Argentina foram registradas anomalias negativas de espessura. Esta configuração mostra que houve um acoplamento com a circulação de grande escala, formando um padrão inverso de temperatura, com aquecimento no sul do Brasil e resfriamento na Argentina (vide Pezza e Ambrizzi 1999).

Estes resultados sugerem que, embora tenha-se usado apenas uma única estação em São Paulo, existe uma boa correspondência com padrões anômalos de grande escala, permitindo uma interpretação mais ampla dos resultados. Entretanto, deve ser lembrado que cada evento possui características individuais próprias e qualquer tipo de composição ressalta apenas um padrão médio de comportamento.

A figura 2 mostra a composição das anomalias de TSM para os invernos frios (A) e quentes (B), de acordo com a seleção indicada na tabela 1. Observa-se, no oceano Atlântico à sudeste da América do Sul, uma área relativamente grande de TSM abaixo da média, a qual está associada à invernos anormalmente frios em São Paulo (figura 2A). Por outro lado, para invernos quentes, as temperaturas no Atlântico ficaram muito próximas ao normal, com uma pequena área de anomalias positivas próximo à região da Alta Subtropical (figura 2B).

(INCLUIR FIGURA 2)

Para o oceano Pacífico Equatorial, apesar de haver uma ligeira tendência de resfriamento durante os invernos frios em São Paulo, as TSMs ficaram muito próximas ao normal. Por outro lado, no caso da composição para invernos quentes (figura 2B), verifica-se anomalias positivas de TSM imediatamente à oeste da América do Sul, com um padrão bastante similar ao verificado em anos de El Niño, com o máximo de aquecimento confinado na região à

leste de 120°W. Deve-se notar, entretanto, que este é um aquecimento médio. Além disso, se os anos de 1982 e 1983 forem excluídos da composição, a área de aquecimento praticamente desaparece, o que mostra um peso muito grande de um único evento. Por outro lado, para as composições durante junho e julho, o aquecimento aparece intenso independentemente deste evento, em função da maior quantidade de casos mostrada na tabela 1.

Recentemente, Cardoso (2001) correlacionou a TSM do Pacífico e Atlântico com o padrão de temperatura em São Paulo (estação do IAG/USP) através do uso de Análise de Componentes Principais e Correlações Canônicas, e obteve resultados similares ao presente trabalho. De forma mais geral, nos resultados das correlações canônicas rotacionadas entre a TSM global e a temperatura na superfície dos Estados Unidos, realizado por Livezey e Smith (1999), o modo associado ao ENOS apareceu como um sinal destacado, onde a região encontrada coincide com a mostrada na figura 2B.

Alguns dos resultados mostrados aqui são compatíveis com a idéia de padrões de teleconexão atmosférica, onde este termo implica em que há uma razão física para que variações simultâneas, freqüentemente de sinal oposto, possam ocorrer em regiões distantes do globo. Em particular, o fenômeno El Niño possui uma importante componente atmosférica na medida em que induz a propagação de ondas de Rossby extratropicais através do máximo de convecção existente no parte leste e central do Pacífico Equatorial devido ao aquecimento superficial das águas. Uma discussão completa sobre a importância da propagação de energia como um mecanismo básico para explicar influências remotas devido a fontes tropicais de calor é dado em Trenberth et al (1998).

A Figura 2 de Trenberth et al apresenta em forma esquemática o atual conhecimento existente em termos das relações do ENOS com a precipitação e temperatura em várias regiões do globo, tanto no inverno como no verão. Destaca-se que durante o inverno Austral, existe uma extensa área na parte leste do continente sul-americano onde predominam temperaturas mais quentes, incluindo a região de São Paulo. Trabalhos mais recentes tem mostrado também a

diminuição da ocorrência de geadas nos pampas úmidos Argentinos durante períodos quentes do ENOS (Rusticucci, 2000 e Muller et al, 2000).

No que diz respeito às influências do Atlântico, existem vários trabalhos que tem demonstrado sua influência na variabilidade das chuvas sobre a parte norte e nordeste do Brasil, particularmente com relação ao dipolo do Atlântico, que caracteriza-se pela manifestação de um padrão de anomalias de TSM configurando-se espacialmente com sinais opostos sobre a Bacia Norte e Sul do Atlântico tropical (Hastenrath e Heller, 1977; Moura e Shukla, 1981; Wagner, 1996 entre outros). A influência com relação a TSM do Pacífico e Atlântico tropical na variabilidade das chuvas na região do Semi-árido nordestino e região da Amazônia foi sugerida por Uvo et al (1998), Souza et al (1997) e mais recentemente por Liebmann e Marengo (2001). Estudos associando a variabilidade da precipitação da região Sul do Brasil, Norte da Argentina e Uruguai com a TSM do Atlântico Subtropical e Sul foram feitos por Grimm et al (2000), Diaz et al (1998), entre outros.

Em termos da temperatura do ar, recentemente Gonçalves et al (2002) fizeram uma análise climatológica do impacto das anomalias de TSM do Atlântico e Pacífico nas ondas de frio extremas na cidade de São Paulo, e mostraram que as anomalias de TSM no oceano Atlântico sul possuem um efeito dominante. Através da análise de componentes principais, os autores mostraram a existência de dois tipos principais de padrões de anomalias significativas no oceano Atlântico: anomalias negativas generalizadas no Atlântico Sul e anomalias positivas próximo à costa sul do Brasil. O primeiro tipo associou-se estatisticamente com ocorrência de invernos frios na média em São Paulo e o segundo tipo correspondeu à ocorrência de ondas de frio extremas (temperaturas mínimas diárias).

Entretanto, praticamente não são encontrados trabalhos que mostrem um possível mecanismo físico associando a circulação atmosférica na região de São Paulo com anomalias de TSM do Atlântico embora esta possibilidade seja sugerida através das trajetórias das massas de ar e da própria intensidade dos anticiclones migratórios e subtropical. Por exemplo, pode-se

argumentar que um Atlântico subtropical com TSMs abaixo do normal poderia estar associado à anticlones migratórios mais intensos, contribuindo para o estabelecimento de uma circulação de sudeste mais forte em São Paulo, como mostrado na figura 1A. É razoável esperar que tal circulação esteja associada a uma maior nebulosidade (por considerações topográficas), e consequentemente contribua para que as temperaturas médias mantenham-se abaixo do normal, conforme o encontrado. Estudos mais completos nesta direção ainda são necessários antes que uma conclusão definitiva possa ser atingida.

A figura 3 é análoga à figura 2, mostrando as composições para os meses de junho frios e os meses de julho quentes, que foram os que apresentaram os sinais mais significativos de associação com o fenômeno ENOS. O mês de agosto não apresentou sinais relevantes nas anomalias de TSM. **(INCLUIR FIGURA 3)**

No caso de junho frio (figura 3A), ficam bastante destacados os padrões anteriormente discutidos para o Pacífico Equatorial e Atlântico sul na costa sudeste da América do Sul. No oceano Pacífico, as anomalias negativas do tipo Niña que ocorreram na composição para junho foram bem mais intensas que aquelas ocorridas na composição para JJA (comparar figuras 3A e 2A). Para julho quentes (figura 3B), nota-se um padrão de aquecimento do tipo Niño, no Pacífico, e um ligeiro aquecimento na costa sudeste da AS. Destaca-se que mesmo retirando-se o El Niño de 1983 da composição mostrada na figura 3B o aquecimento verificado permanece quase inalterado, diferentemente do caso JJA (figura 2B), para o qual o peso deste evento foi muito forte.

3.2 Ocorrência de Geadas

A tabela 3 mostra os anos em que houve ocorrência de geadas na estação meteorológica do IAG, em São Paulo, para o período de 1933 à 2001. Para anos nos quais houve a ocorrência de mais de um evento (mais de 1 dia) de geada, indicou-se apenas a temperatura mínima mais baixa. Temperaturas abaixo de zero estão em negrito, e os principais trabalhos

existentes na literatura à respeito de ondas de frio associadas aos casos de friagem foram indicados ao lado das respectivas temperaturas. De 1950 em diante, anos de ocorrência de El Niño foram indicados por EN, anos de ocorrência de La Niña por LN, e anos normais por N. Note que os trabalhos indicados ao lado dos valores de temperatura mínima no IAG foram colocados apenas como referência da existência de casos estudados para determinados anos, o que não implica que os mesmos utilizaram-se de dados meteorológicos da estação do IAG/USP.

(INCLUIR TABELA 3)

Através dos registros, nota-se que as temperaturas mínimas absolutas para todo o período foram de -1.2°C , tendo ocorrido nos invernos de 1942 e 1955. Chama a atenção a existência de dois registros abaixo de zero em períodos bastante recentes, mais precisamente em 1990 e no ano de 2000. De acordo com o discutido anteriormente, as temperaturas médias vêm apresentando uma tendência positiva nas últimas décadas, entretanto, fica claro a existência de ondas de frio tão intensas quanto as que eram verificadas no início do século XX, mesmo nos dias atuais. Esse resultado está de acordo com o obtido por Gonçalves et al (2002).

Comparando as tabelas 1 e 3, verifica-se que em geral invernos frios na média foram também invernos de geadas. Para invernos quentes na média, apesar de muito menos freqüente, pode ser verificada a ocorrência de geada. O inverno de 1972 (ano de El Niño), por exemplo, teve uma temperatura média bastante acima do normal, entretanto, houve a incidência de uma onda de ar polar bastante intensa com geada e uma temperatura mínima de 1.4°C em São Paulo (Hamilton e Tarifa, 1978).

Ainda com relação tabela 3, a análise da ocorrência de anos de El Niño e La Niña para o período de 1950 à 2001 indica que aparentemente não há influência do ENOS no padrão geral de geadas, pois dos 23 anos de geadas após 1950 obteve-se 8 Niñas, 8 Niños e 7 anos normais. Entretanto, quando se analisa a ocorrência de geadas mês a mês, existe um real predomínio de eventos de El Niño para geadas em julho, conforme discussões à seguir.

A figura 4 mostra as composições de anomalias de TSM para eventos de geada na cidade de São Paulo em junho (A), julho (B) e agosto (C). Destaca-se que, enquanto na tabela 3 foram mostrados todos os casos de geada independentemente da temperatura, para as composições mensais selecionou-se apenas geadas com temperaturas mínimas no abrigo inferiores ou iguais a 2.5°C , de acordo com o discutido na seção 2. **(INCLUIR FIGURA 4)**

Os anos usados nas composições foram os seguintes: 1979 (N), 1981 (N), 1988 (LN) e 1994 (EN) para junho, 1951 (N), 1953 (EN), 1962 (N), 1965 (EN), 1969 (EN), 1972 (EN), 1975 (LN), 1979 (N) e 1990 (EN) para julho e 1955 (LN), 1963 (EN) e 1993 (EN) para agosto. Percebe-se que para junho e agosto não se encontra um sinal claro, inclusive porque a amostragem é muito pequena, mas julho apresentou três anos normais, cinco anos de El Niño e apenas um ano de La Niña com geada, sugerindo uma associação com a fase quente do ENOS.

A figura 4A mostra que na composição de geadas durante o mês de junho uma configuração típica de La Niña destacou-se no oceano Pacífico Equatorial. Esta configuração é bastante similar àquela verificada para os casos de junho com temperaturas médias abaixo do normal (figura 3A), entretanto, o evento forte de La Niña ocorrido em 1998 pode ter exercido um peso muito grande na composição, além da amostragem ser muito baixa, conforme discutido anteriormente.

Para o caso de julho (figura 4B), observa-se um padrão antagônico ao caso de anomalias de temperaturas médias (comparar figuras 4B e 3B), pois as anomalias de TSM no Pacífico Equatorial mostram uma configuração próxima ao verificado em anos de El Niño para casos de geada. Destaca-se que o El Niño de 82/83 não influenciou esta composição porque não foi registrado nenhum caso de geada nestes anos. Este resultado, analisado em conjunto com a frequência de distribuição dos eventos discutida anteriormente, sugere que efetivamente existe uma maior probabilidade de ocorrência de geada em julho durante a fase quente do ENOS.

Analisando-se este resultado em conjunto com o discutido no item 3.1, temos que, dado a ocorrência de um evento El Niño no oceano Pacífico Equatorial, pode-se esperar uma maior

possibilidade de um mês de julho com temperaturas médias acima do normal em São Paulo, porém destaca-se também uma alta probabilidade de eventos extremos, ou seja, uma ou outra onda de frio intensa com geada. O trabalho de Gonçalves et al (2002) mostra claramente que a ocorrência de eventos extremos de frio em São Paulo é independente da temperatura média, obedecendo a um padrão físico diferente em termos das possíveis influências remotas. Finalmente, para o mês de agosto, a figura 3C não mostra uma clara associação com as anomalias de TSM do Atlântico e do Pacífico.

3.3 Precipitação, Umidade Relativa e Número de dias de Chuva

Como a umidade é importante para a formação, intensificação e propagação de massas polares, especialmente em função das questões ligadas ao balanço radiativo, realizou-se análises com diversos parâmetros relacionados à ela na cidade de São Paulo, a fim de identificar um possível padrão de TSM associado. Para a estação do IAG, foram utilizados dados de precipitação, número de dias de chuva e umidade relativa do ar, através das mesmas técnicas aplicadas à temperatura, conforme descrito na seção 2.

O resultado destas composições mostrou sinais bastante variáveis de acordo com o elemento utilizado, mas que no geral concordam entre si. A tabela 4 mostra os anos anômalos obtidos para todos os casos, considerando-se o período de inverno. Para precipitação e número de dias de chuva foi realizado o cálculo através dos desvios padrões, e para umidade relativa utilizou-se o método dos quartis, conforme indicado. Anos de El Niño e de La Niña também estão indicados na tabela. Observa-se uma grande variabilidade em relação à anos normais e de eventos ENOS, entretanto, deve ser ressaltado o fato de que não estão sendo levados em consideração a intensidade e a extensão horizontal das anomalias de TSM no Pacífico Equatorial, bastante variável de caso para caso. **(INCLUIR TABELA 4)**

A análise do número de dias de chuva mostra pouca ou nenhuma associação com eventos ENOS, onde a frequência de anos normais ou anos de El Niño com alto ou baixo número de dias com precipitação é equitativa. Para a umidade relativa do ar, ocorre o mesmo, ou seja, na composição de inverno, a tabela 4 mostra novamente que não há uma clara associação de anos de Niños, Niñas e normais com relação a ocorrência de mais alta ou baixa umidade.

Finalmente, em termos de precipitação, apesar da composição de TSM mostrar anomalias de TSM bastante definidas, indicando uma maior quantidade de chuva em anos de El Niño e menor em anos de La Niña (figura não mostrada), a distribuição é tão variável que não se pode afirmar a existência de qualquer relação significativa entre o fenômeno ENOS e a precipitação em São Paulo.

A tabela 5 mostra a distribuição de meses com ocorrência de “baixa precipitação” e “alta precipitação” determinado pelo primeiro e quarto quartis, com relação à anos normais, anos de El Niño e anos de La Niña. Tanto para baixa quanto para alta precipitação, é notório a inexistência de uma tendência clara que aponte para determinada associação. Isto é, mesmo em termos mensais, é claramente identificável que a precipitação em São Paulo possui pouca ou nenhuma relação com o fenômeno ENOS. Esta constatação está de acordo com Coelho et al (2002), os quais mostraram que a região de São Paulo está localizada em uma zona de transição no que diz respeito à influência do fenômeno ENOS, sendo de se esperar uma alta variabilidade.

(INCLUIR TABELA 5)

4. CONCLUSÕES

Este trabalho analisou a possibilidade de associação das anomalias globais de TSM com o regime de temperaturas médias, geadas, umidade relativa, número de dias de chuva e precipitação para o período de junho, julho e agosto na estação meteorológica do IAG/USP na

cidade de São Paulo. Observou-se que as principais regiões oceânicas associadas à ocorrência de anomalias em São Paulo foram o Atlântico na costa sudeste da AS e o Pacífico Equatorial.

Para a temperatura média, junho e julho quentes em São Paulo foram associados com uma configuração de El Niño no Pacífico Equatorial e uma piscina de águas anormalmente quentes no oceano Atlântico próximo à costa sudeste da América do Sul. Coerentemente, anomalias negativas significativas de temperatura em São Paulo durante o mesmo período estiveram associadas à padrões de TSM aproximadamente opostos em ambas as regiões. Por outro lado, para agosto, a variabilidade foi muito elevada, não tendo sido encontrada nenhuma associação com o fenômeno ENOS.

A ocorrência de geadas mostrou pouca ou nenhuma relação com o fenômeno ENOS quando a análise é feita para o período sazonal (todo o inverno). Entretanto, para análises mês a mês, julho destacou-se por apresentar uma frequência de geadas significativamente maior durante anos de El Niño, o que também apareceu na composição de TSM. Este resultado, aparentemente em contradição com a temperatura média, estaria indicando fisicamente a possibilidade de ocorrência de eventos extremos de frio durante anos em que a temperatura média ficou sensivelmente acima do normal. O El Niño de 1972 foi um bom exemplo de ano em que isto ocorreu.

Finalmente, a análise da precipitação, umidade relativa do ar e número de dias de chuva mostrou que estas variáveis possuem pouca ou nenhuma relação direta com a fase do fenômeno ENOS. Isso está de acordo com o fato do Estado de São Paulo estar localizado em uma região de transição, no que diz respeito à influência na chuva, conforme observado em Coelho et al (2002) através de análises de Decomposição Valores Singulares entre a TSM do Pacífico durante eventos de Niños e a precipitação sobre a AS. Eles encontraram que a zona de transição entre regiões mais secas em parte do Sudeste e Nordeste e mais úmida na região Sul localiza-se sobre o Estado de São Paulo e, portanto, tornando seu sinal enfraquecido.

Embora a utilização de apenas uma estação possa sempre levantar dúvidas sobre conclusões mais gerais, os resultados obtidos neste estudo se mostraram bastante robustos e coerentes com vários outros trabalhos encontrados na literatura. Um estudo mais completo, utilizando um conjunto maior de estações e uma análise mais detalhada da circulação atmosférica em altos e baixos níveis, principalmente com relação a conexões remotas ainda é necessário, estando correntemente em desenvolvimento.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à FAPESP pelo suporte financeiro através da bolsa de doutoramento processo número 99/04105-2 e pelo projeto temático processo número 98/01403-4. T.A. também agradece ao auxílio do CNPq através do processo número 301111/93-6. Este estudo insere-se também dentro do projeto IAI – CRN055, recebendo um auxílio financeiro parcial. Agradecemos também aos dois revisores anônimos deste trabalho, os quais

contribuíram fortemente para a melhoria das discussões, interpretações físicas e também dos procedimentos estatísticos.

6. REFERÊNCIAS

AMBRIZZI, T. Rossby Wave Propagation on El Niño and La Niña non-zonal basic flows. **Revista Brasileira de Meteorologia**, volume 8/9, números 1-1, pp 54 a 65, 1994.

AMBRIZZI, T. e PEZZA, A.B. Cold Waves and the Propagation of Extratropical Cyclones and Anticyclones in South America: A Synoptic-Climatological Overview. **Revista Geofísica (Instituto Panamericano de Geografia e História)**, número 51, pp. 45 – 67, 1999.

BOSART, L.F., NOCERA, J.J., e KNIGHT, D.J. Numerical Simulation Studies of South American Cold Air Damming: a Physical Interpretation and Assessment. **Anais**, SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOUTHERN HEMISPHERE METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY. Santiago, Chile, 03-07 de abril de 2000, pp. 362-363, 2000.

CARDOSO, A. A Influência da Temperatura da Superfície do mar no clima de Inverno na cidade de São Paulo. **Tese de Mestrado**. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP, 2001.

COELHO, C. A. DOS SANTOS. Anomalias de Precipitação sobre a América do Sul e sua relação com a temperatura da superfície do mar dos oceanos Pacífico e Atlântico durante períodos de extremos de El Niño Oscilação Sul. **Tese de Mestrado**, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP, 2001.

COELHO, C. A. S., UVO, C.B., E AMBRIZZI, T. Exploring the impacts of the tropical Pacific SST on the precipitation patterns over South America during ENSO periods. **Theor.Appl.Climat.**, 71, 185-197, 2002.

DAPOZZO, J., e SILVA DIAS, M.A.F. Um estudo de caso da penetração do ar polar em latitudes baixas: Julho de 1988. **Anais**, VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, Belo Horizonte, MG, 601-606, 1994.

DIAZ, A.F., STUDZINSKI, C.D., e MECHOSO, C.R. Relationships between precipitation anomalies in Uruguay and Southern Brazil and Sea Surface Temperature in Pacific and Atlantic oceans. **Bull. Am. Meteorol. Soc.**, 11, 251-271, 1998.

ESSENWANGER, O. M. Elements of Statistical Analysis. **World Survey of Climatology**, Vol. 1B, General Climatology 1B, Elsevier Sci. Publ. Co., Amsterdam-Oxford-New York, 1986

FORTUNE, M., e KOUSKY, V.E. Two severe freezes in Brazil: precursors and synoptic evolution. **Mon. Wea. Rev.**, 11, 181-196, 1983.

- GARREAUD, R. D. Cold Air Incursions Over Subtropical and Tropical South America: A numerical Case Study. **Mon. Wea. Rev.**, 127, 2823-2853, 1999.
- GARREAUD, R D. Cold Air Incursions over Subtropical South America: Mean Structure and Dynamics. **Mon. Wea. Rev.**, 128. pp. 2544-2559, 2000.
- GIRARDI, C. El Pozo de los Andes. **Proceedings, FIRST INTERNATIONAL CONGRESS ON SOUTHERN HEMISPHERE METEOROLOGY**. São Jose dos Campos, São Paulo, Brazil. *Amer. Meteor. Soc.* 226-229, 1983.
- GONÇALVES, F.L.T; SILVA DIAS, P.L. E ARAÚJO, G.P. Climatological Analysis of Wintertime Extreme Low Temperatures in São Paulo City, Brazil: Impact of SST Anomalies. **Int. J. of Climatol.**, em fase de publicação, 2002.
- GRIMM, A.M., BARROS, V.R., e DOYLE, M.E.. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. **J. of Climate**, 13, 35-58, 2000.
- HAMILTON, M. e TARIFA, J. Synoptic aspects of a polar outbreak leading to frost in tropical Brazil, July 1972. **Mon. Wea. Rev.**, 106, 1545-1556, 1978.
- HASTENRATH S. e HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Quart. J. Roy. Meteo. Soc.**, 103, 77-92, 1977.
- KALNAY, E., KANAMITSU, M., KISTLER, R., COLLINS, W., DEAVEN, D., GANDIN, L., IREDELL, M., SAHA, S., WHITE, G., WOOLLEN, J., ZHU, Y., CELLIAH, M., EBISUZAKI, W., HIGGINS, W., JANOWIAK, J., MO, K.C., ROPELEWSKI, C., WANG, J., LEETMAA, A., REYNOLDS, R., JENNE, R. E JOSEPH, D. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. **Bull. Am. Meteorol. Soc.** vol.77, núm. 3, 437-471, 1996.
- KOUSKY, V.E., KAGANO, M.T. E CAVALCANTI, I.F.A. A review of the Southern Oscillation: Oceanic-Atmospheric Circulation Changes and Related Rainfall Anomalies. **Tellus**, 36A, 490-504, 1984.

- KRISHNAMURTI, T. N., TEWARI, M., CHAKRABORTY, D.R., MARENGO, J., SILVA DIAS, P.L., SATYAMURTY, P. Downstream Amplification: A possible precursor to Major freeze events over Southeastern Brazil. **Weather and Forecasting**, 14, 242-270, 1999.
- LIEBMANN, B., e MARENGO, J. A. Interannual variability of the Rainy season and rainfall in the Brazilian Amazon Basin. **J. of Climate**, 14, 4308-4318, 2001.
- LIVEZEY, R.E., e SMITH, R. E. Covariability of aspects of North American Climate with Global Sea Surface Temperatures on Interannual to Interdecadal Timescales. **J. of Climate**, 12, 289-302, 1999.
- MARENGO, J., CORNEJO, A., SATYAMURTY, P., NOBRE, C. e SEA, W. Cold Surges in the Tropical and Extratropical South America. The strong event in June 1994. **Mon. Wea. Rev.**, 125, 2759-2788, 1997.
- MOURA, A. D., e SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with general circulation model. **J. Atmos. Sci.**, 38, 2653-2675, 1981.
- MULLER, G. V., NUÑEZ, M.N. e SELUCHI, M. Relationship Between ENSO Cycles and Frost Events Within the Pampa Humeda Region. **Int. J. of Climatol.** 20 1619-1637, 2000.
- NOBRE, C.A., OLIVEIRA, A.S. e NEVES, E.K. Precipitation and Circulation Anomalies in South America and the 82/83 El Niño/Southern Oscillation Episode. **Anais**, IV CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 1, 339-345, 1986.
- NUÑEZ, S, HORDIJ, H., CIAPPESONI, H., e outros. **Boletín Climatológico Mensual**. Programa de vigilancia del clima en la Argentina y región subantártica adyacente. Servicio Meteorológico Nacional. Fuerza Aerea Argentina, volume VII, número 7, Julio de 1995.

- PAN, Y.H. e OORT, A.H. Correlation analyses between sea surface temperature anomalies in the Eastern Equatorial Pacific and the World Ocean. **Clim. Dyn.**, 4, 191-205, 1990.
- PARMENTER, F. A Southern Hemisphere cold front passage at the Equator. **Bull. Am. Meteorol. Soc.**, 57, 1435-1440, 1976.
- PEZZA, A. B. e AMBRIZZI, T. Um Estudo das Flutuações de Temperatura para o Período de Inverno na América do Sul, Correlacionando a Patagônia com o Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, volume 14, número 1, pp. 23-34, 1999.
- RUSTICUCCI, M., e VARGAS, W. Synoptic situations related to spells of extreme temperatures over Argentina. **Meteorol. Appl.**, 2, pp. 291-300, 1995.
- RUSTICUCCI, M. Potential ENSO – Related Predictability of Temperature Extreme Situations in Argentina. **Anais**, SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON SOUTHERN HEMISPHERE METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY. Santiago, Chile, 03-07 de abril de 2000, pp.108-109, 2000.
- SATYAMURTY, P.; P. C. ETCHICHURY; C. STUDZINSKI; NURI O. C.; R.R. LOPES; I. A. V. GRAMMELSBACHER e E. A. GRAMMELSBACHER. A primeira friagem de 1990. Uma descrição sinótica. **Climanálise** 5(5), 43-51, 1990.
- SOUZA, E.B., ALVES, J.M.B. e REPELLI, C.A. Uma revisão sobre a influência dos oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade pluviométrica do semi-árido nordestino. **Monitor Climático**, 11, 7-17, 1997.
- TRENBERTH, K.E., BRANSTATOR, G.W., KAROLY, D., KUMAR, A., LAU, N.C., e ROPELEWSKI, C. Progress during TOPA in understanding and modeling global teleconnections associated with tropical sea surface temperatures. **J.Geophys.Res.**, 103, C7, 14291-14324, 1998.
- UVO, C.R.B., REPELLI, C.A., ZEBIAK, S.E. e KUSHNIR, Y. The relationships between tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil monthly precipitation. **J. of Climate**, 11, 551-562, 1998.

- VERA, C. S., e VIGLIAROLO, P.K A Diagnostic Study of Cold – Air Outbreaks over South America. **Mon. Wea. Rev.**, 128, pp. 3 – 24, 2000.
- XAVIER, T.M.B.S., XAVIER, A.F.S., e SILVA DIAS, M.A.F. Evolução da Precipitação Diária num Ambiente Urbano: O Caso da Cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, volume 9, número 1, pp. 44 – 53, 1994.
- WAGNER, R.G. Mechanisms controlling variability of the interhemispheric sea surface temperature gradient in the tropical Atlantic. **J. of Climate**, 9, 2010-2019, 1996
- WOODRUFF, S.D., SLUTZ, R.J., JENNE, R.L. e STEURER, P.M. Comprehensive ocean-atmosphere data set. **Bull. Am. Meteorol. Soc.**, 68, 1239-1250, 1987.
- WOODRUFF, S. D.; DIAZ, H. F.; ELMS, J. D.; WORLEY, S. J.. COADS Release 2 Data and Metadata Enhancements for Improvements of Marine Surface Flux Fields. **Phys. Chem. Earth**, Vol. 23, número 5-6, pp. 517-526, 1998.

Legendas das figuras

Figura 1: (A) Anomalias do vetor e magnitude do vento superiores à 1 m/s para a composição de invernos frios (1951, 1953, 1956, 1962, 1964, 1968 e 1988) e (B) anomalias de espessura 1000-500 hPa para a composição de invernos quentes (1961, 1972, 1977, 1982, 1983 e 1995), para a estação meteorológica do IAG/USP, em São Paulo, durante o período de 1950 à 1996. Dados da Reanálise do NCEP, com referência à climatologia para o período 1968 – 1996.

Figura 2: Anomalias de TSM para as composições de invernos frios (1951, 1953, 1956, 1962, 1964, 1968 e 1988) e quentes (1961, 1972, 1977, 1982, 1983 e 1995), em relação à média, para a estação meteorológica do IAG/USP, em São Paulo, durante o período de 1950 à 1996. Contornos a cada 0.2°C somente para valores, em módulo, superiores a 0.2°C.

Figura 3: Ídem à figura 2, para as composições durante os meses de junho frios (1951, 1956, 1962, 1963, 1964, 1968, 1985 e 1988) e julho quentes (1977, 1983, 1984, 1987, 1993 e 1995).

Figura 4: Anomalias de TSM para as composições de ocorrência de geadas (temperatura no abrigo menor que 2.5°C com presença de gelo no gramado) em junho (A), julho (B) e agosto (C) para o IAG/USP, durante o período de 1950 à 1996. Os anos utilizados na composição foram: 1979, 1981, 1988 e 1994 (junho); 1951, 1953, 1962, 1965, 1969, 1972, 1975, 1979 e 1990 (julho); e 1955, 1963 e 1993 (agosto). Contornos a cada 0.2°C somente para valores, em módulo, superiores a 0.2°C.

Legendas das tabelas

Tabela 1: Incidência de períodos frios e quentes, em relação à média, para a estação meteorológica do IAG/USP durante o período de inverno de 1950 à 1996, destacando-se os invernos com ocorrência de El Niño e La Niña, tomando-se por base a classificação sazonal do NCEP.

Tabela 2: Temperaturas médias ($^{\circ}\text{C}$) associadas aos eventos frios e quentes extremos da série, para a estação meteorológica do IAG/USP durante o período de inverno de 1950 à 1996. Casos de El Niño estão indicados por EN e casos de La Niña por LN.

Tabela 3: Anos com ocorrência de pelo menos uma geada na estação meteorológica do IAG/USP (zona sul de São Paulo) durante o período de 1933 à 2001. As temperaturas indicadas correspondem ao valor mínimo absoluto de cada ano. As principais publicações existentes na literatura a respeito das ondas de frio associadas ao fenômeno da *friagem* ocorridas em cada um dos anos estão indicadas ao lado das temperaturas. A maior parte dos casos de friagem estudados produziu as temperaturas mínimas indicadas durante o dia mais frio em São Paulo, entretanto, os trabalhos citados não necessariamente usaram os dados do IAG/USP em suas pesquisas. Registros abaixo de zero grau celsius encontram-se sublinhados e em negrito, e a ocorrência de eventos El Niño (EN), La Niña (LN) ou ano normal (N) está indicada ao lado de cada ano para o período de 1950 à 2001.

Tabela 4: Total de anos obtidos para as composições com os parâmetros de umidade para o período de inverno em São Paulo (IAG/USP). Dados de 1977 à 1996 para a umidade relativa e de 1950 à 1996 para os demais parâmetros.

Tabela 5: Distribuição dos meses com “baixa precipitação” (primeiro quartil) e “alta precipitação” (quarto quartil) em São Paulo (IAG/USP) em função da fase do fenômeno ENOS, para o período de 1950 à 1996.

Tabelas

<u>Período</u>	<u>Anos Frios</u>			<u>Anos Quentes</u>		
	(T. \pm Temp. Média - 1s)			(T. \pm Temp. Média + 1s)		
1950/1996	Normais	El Niño	La Niña	Normais	El Niño	La Niña
Junho	51,62,68	63	56,64,85,8	70	65,72,82,91,9	73,84
			8		2	
Julho	51,62,81,96	53, 86	56,64,75	77,95	83,87,93	84
Agosto	51,62,68	90,92	56,73	61,67,77,9	58	75
				5		
Inverno	51,62,68	53	56,64,88	61,77,95	72,82,83	-----

Tabela 1

<u>Período</u>	Temp. média (°C)	Temp. Média (°C)
1950/1996	(Casos mais frios)	(Casos mais quentes)
Junho	13.4 (1956 – LN)	18.0 (1992 – EN)
Julho	12.7 (1964 – LN)	18.3 (1977)
Agosto	13.7 (1956 – LN)	19.0 (1961)
Inverno	13.7 (1956 – LN)	17.7 (1995)

Tabela 2

Ano	Temperatura mínima no abrigo (°C)
1933	0.0
1936	0.9
1937	5.5
1939	1.5
1940	2.4
1941	0.5
1942	-1.2
1943	0.9
1944	3.7
1946	0.4
1948	1.6
1951 (N)	2.2
1953 (EN)	-0.1
1955 (LN)	-1.2
1956 (LN)	2.6
1962 (N)	1.8
1963 (EN)	1.3
1964 (LN)	1.7
1965 (EN)	1.0
1968 (N)	2.5
1969 (EN)	0.2
1972 (EN)	1.4 (Hamilton e Tarifa, 1978)
1973 (LN)	3.9 (Rusticucci e Vargas, 1995)
1974 (LN)	2.7
1975 (LN)	-1.1 (Parmenter 1976 e Girardi 1983)
1978 (N)	3.1
1979 (N)	-0.2 (Fortune e Kousky, 1983)
1981 (N)	2.2 (Fortune e Kousky, 1983)
1988 (LN)	1.9 (Dapozzo e Silva Dias, 1994)
1990 (EN)	-0.4 (Satyamurty et al, 1990)
1993 (EN)	1.9 (Garreaud, 1999)
1994 (EN)	0.6 (Marengo et al 1997 e Bosart et al 2000)
1996 (N)	4.0
2000 (LN)	-0.2

Tabela 3

Parâmetro	Inverno (JJA)		
	Normais	El Niño	La Niña
Baixa Precipitação ($\leq 1\sigma$)	59,61,77	63	50,54,85
Alta Precipitação ($\geq 1\sigma$)	76	82,83,87	56,89
Baixo núm. De dias c/ precipitação ($\leq 1\sigma$)	59,78,95	53,58,91	54,74,75
Alto núm. De dias c/ precipitação ($\geq 1\sigma$)	51,68,70	69,82,86	71
Baixa Umidade Relativa (Quartil inferior)	77,95	87,94	85
Alta Umidade Relativa (Quartil superior)	80,96	82,90,92	89

Tabela 4

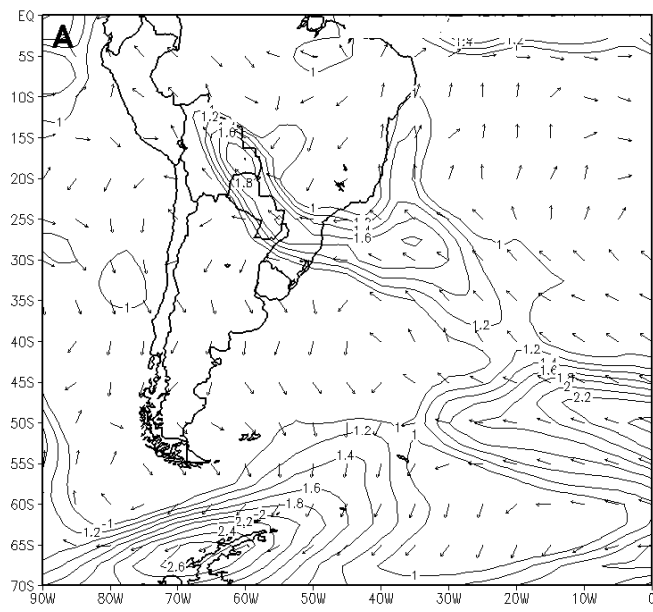
(A) Parâmetro	Junho		
	Normais	El Niño	La Niña
Baixa Precipitação	51,59,79	53,66,72,86,92	55,75,84,85
Alta Precipitação	52,67,78	58,69,82,83,87	56,71,74

(B) Parâmetro	Julho		
	Normais	El Niño	La Niña
Baixa Precipitação	52,59,60,61,77,96	63,69,87	74,85,88
Alta Precipitação	76,78,81	57,65,72,90	56,64,71,73,75,89

(C) Parâmetro	Agosto		
	Normais	El Niño	La Niña
Baixa Precipitação	52,67,78	63,65,83,94	50,54,74,75,85,88
Alta Precipitação	68,70,76,79	57,66,72,82,86,93	55,84

Tabela 5

Figuras



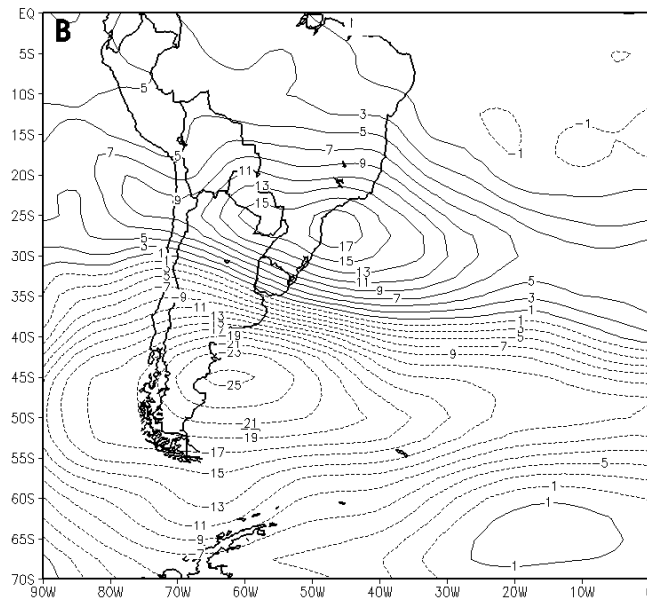


Figura 1

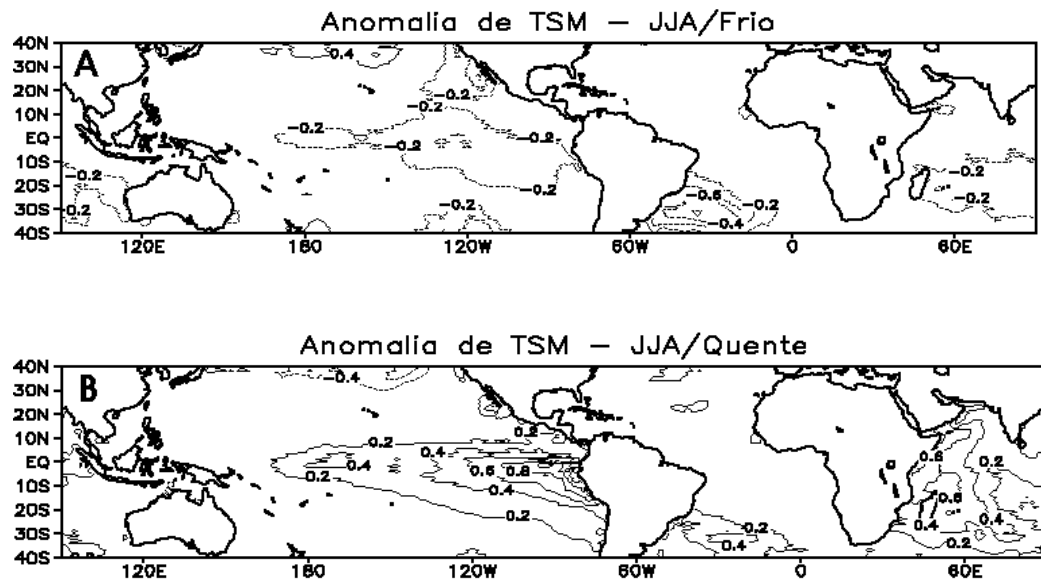


Figura2

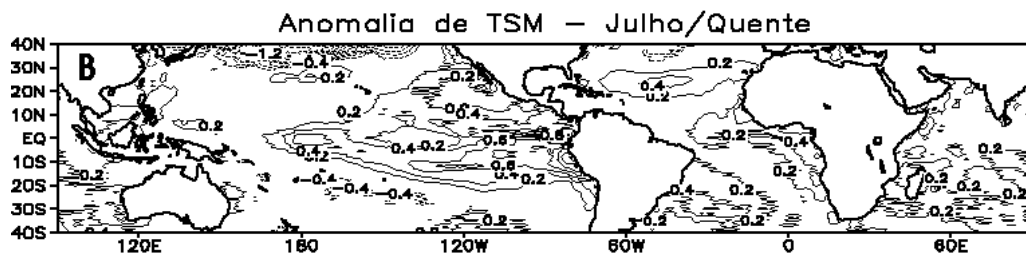
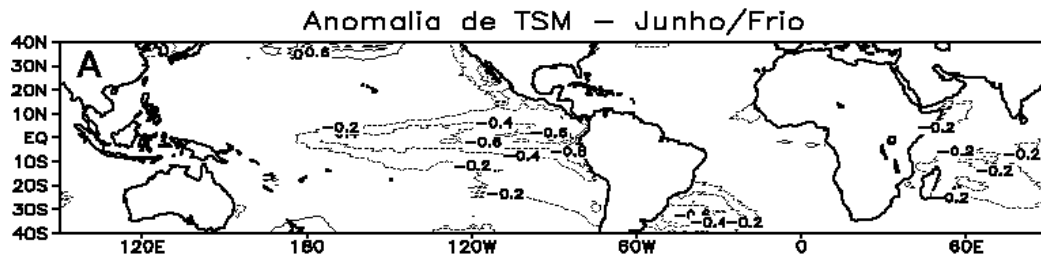


Figura 3

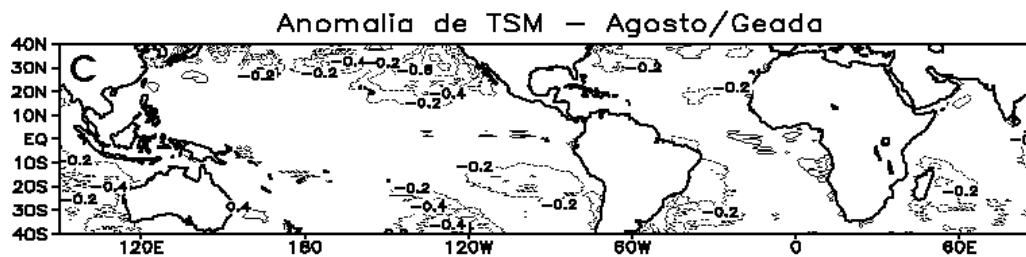
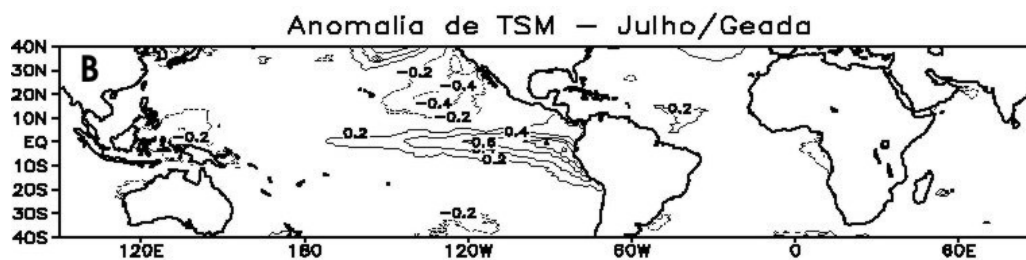
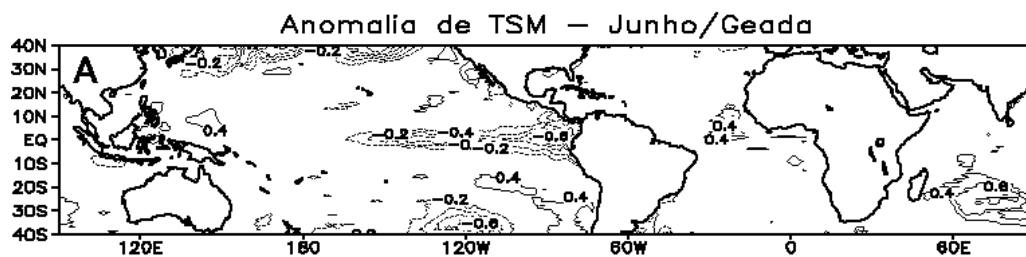


Figura 4