

## Relações entre o índice de oscilação sul (IOS) e o total mensal de chuva em Maringá-Pr

Emerson Galvani<sup>1</sup>, Antonio Roberto Pereira<sup>2</sup> e Élcio Silvério Klosowski<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>FCA/UNESP-Botucatu. E-mail: egalvani@carpa.ciagri.usp.br., <sup>2</sup>ESALQ/USP, Piracicaba-SP, <sup>3</sup>Departamento de Geografia, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo, 5790, 87020-900, Maringá-Paraná, Brazil, \*Author for correspondence.

**RESUMO.** A correlação entre o índice de oscilação sul (IOS) e os desvios do total mensal de chuva para a região de Maringá-PR (Lat.: 23°25' S; Long.: 51°57' W e, Alt.: 542 metros) foi analisada em uma série de 21 anos (1976 a 1996). Após os cálculos, observa-se que o IOS apresenta correlação inversa (-0,14) com o desvio de chuva registrado nesta região. O coeficiente de correlação mais significativo acontece quando se relaciona o IOS com o desvio de chuva três meses posteriores, ou seja, o IOS de janeiro reflete a alteração do total de chuva de abril e maio, mostrando um atraso de 3 a 4 meses entre a ocorrência de uma anomalia de temperatura e a pressão no pacífico e sua manifestação na região norte/noroeste do Estado do Paraná. Observa-se também que, em anos de El Niño de intensidade moderada a forte (IOS negativo), os desvios de chuva apresentam-se positivos em 47% dos meses, podendo, assim, os valores de IOS ser utilizados na previsão quantitativa do desvio de chuva, com antecedência de 3 a 4 meses e probabilidade de acerto de até 47%.

**Palavras-chave:** El Niño, índice de oscilação sul, precipitação.

**ABSTRACT.** Southern oscillation index (SOI) and total monthly rainfall relationship in Maringá, state of Paraná, Brazil. The correlation between the southern oscillation index (SOI) and the deviation of total monthly rain for Maringá region (Lat.: 23°25'S; Long.: 51°57' W and, Alt.: 542 meters) was analyzed in a series of 21 years (76-96). SOI shows inverse correlation (-0,14) with the rain deviation observed in the region. The correlation coefficient is significant when the SOI is related to the rain deviation of three months in advance, i.e., the SOI of January reflects the alteration of total rain of April and May, indicating a 3-to-4-month delay between an event of anomalous temperature and pressure in the Pacific Ocean, and its manifestation in north/northwest of the state of Paraná. When *El Niño* has moderate to strong intensity (negative SOI) the rain deviation is positive during 47% of the months analyzed, indicating in this case that SOI values can be used for quantitative forecast of rain deviation, with a 3-to-4-month antecedence and, of course, 47% of probability.

**Key words:** *El Niño*, southern oscillation index, precipitation.

Quando se tem em mente o estudo de qualquer elemento do clima em determinada região, necessário se faz localizar a área no contexto da circulação geral da atmosfera. Por exemplo, se a região for tropical, o elemento mais importante a ser analisado é, sem dúvida, o regime das precipitações, que caracterizam as estações secas ou chuvosas. Contudo, se a região for temperada, tão importante quanto o regime das chuvas, encontra-se a variação anual da temperatura, caracterizando períodos frios, geralmente invernos e quentes, geralmente verões (Nimer, 1989). Quanto à variação dos totais pluviométricos em regiões tropicais, estes controlam todo um conjunto de atividades, a começar pelas

agrícolas e hidrológicas, das quais tantas outras dependem, sendo gravemente afetadas pelas secas ou enchentes, decorrentes de redução ou aumento das chuvas.

As chuvas podem estar relacionadas com as convecções (movimentos ascendentes de ar úmido, resultantes de pressões atmosféricas mais baixas junto a superfície da Terra) essa ascensão pode resultar do aquecimento do ar em contato com essa superfície (chuva convectiva), influenciada pela topografia do local (chuva orográfica) ou pela ação de sistemas atmosféricos transientes, de caráter dinâmico, conhecidos como sistemas frontais (frentes quentes/frias). As convecções são

controladas - intensificadas ou inibidas - pela circulação geral da atmosfera, fenômeno de escala global, resultado do balanço de energia diferenciado e de interações complexas entre oceano e atmosfera.

O fenômeno El Niño tem sido “responsabilizado” como o grande vilão das anomalias climáticas (totais de chuva abaixo das médias em período considerado chuvoso para uma determinada região e vice-versa), mas as variações da circulação atmosférica de grande escala, que determinam essas anomalias, só podem ser entendidas se considerarmos a ação combinada, do El Niño com outro importante fenômeno, a “Oscilação-Sul”, conjugação a que se deu o nome de El Niño-Oscilação Sul (ENOS). O padrão geral de circulação atmosférica por vezes é alterado, tendo como causa geratriz o já mencionado fenômeno El Niño, associado à Oscilação-Sul. Trata-se de uma espécie de gangorra barométrica com dois pontos principais de ação: um localizado sobre a Indonésia e o norte da Austrália, e outro sobre o Pacífico Oriental, próximo à costa oeste da América do Sul (Molion, 1989).

As águas do Pacífico Ocidental (na região da Indonésia e norte da Austrália) são normalmente mais quentes que as da porção oriental desse oceano. Por isso, é comum ocorrerem ali pressões atmosféricas mais baixas junto à superfície e, conseqüentemente, convecções que determinam chuvas abundantes. O ar que sobe desta região, até uma altura aproximada de 10 quilômetros, tende a se deslocar vindo a descer (movimento chamado de subsidência) lentamente sobre o Pacífico Central e Oriental. Essa descida do ar faz com que a pressão atmosférica junto à superfície se eleve. A esse tipo de movimento do ar dá-se o nome de circulação de Walker. O fenômeno da Oscilação-Sul é representado por um índice (IOS) que expressa a intensidade e a fase do fenômeno. O IOS é determinado pela diferença entre os desvios de pressão atmosférica ao Nível do Mar (PNM) registradas nas estações meteorológicas do Taiti (latitude 17°33'S, e longitude 149°31'W), no Pacífico Central e Darwin (latitude 12°20'S, e longitude 130°52'E), no norte da Austrália. Em outras palavras, o IOS é dado pela PNM do Taiti menos a PNM de Darwin.

A fase positiva da Oscilação-Sul ocorre quando os sistemas de altas pressões do Pacífico Oriental e o de baixas pressões na Indonésia se intensificam, ou seja, seus desvios estão acima da média. Assim, quando a PNM do Taiti eleva-se acima de sua média, ao mesmo tempo em que a de Darwin reduz-se abaixo da sua, tem-se o IOS positivo. Nessas condições os movimentos ascendentes de ar se intensificam, a

atividade convectiva cresce e, portanto, aumentam as precipitações sobre a Indonésia e o norte da Austrália. Simultaneamente, cresce a atividade convectiva sobre a Amazônia e o Nordeste brasileiro. O ar que ascende nessas regiões desce sobre o Pacífico Centro-Ocidental, bem como sobre o Atlântico Subtropical, contribuindo para o aumento da PNM e inibindo a formação de nuvens e chuvas, num movimento que configura o outro ramo da célula de Walker. Durante a fase positiva da Oscilação Sul, o aumento do gradiente horizontal de pressão, ou seja, a diferença da pressão entre Taiti e Darwin intensifica os alísios de sudeste. Em conseqüência, há um acentuado transporte de águas na direção oeste deste oceano, o que provoca o incremento da ressurgência, isto é, afloramento de águas mais frias, desde a costa oeste da América do Sul até o Pacífico Central.

Na fase negativa, tanto o sistema de baixa pressão, na Indonésia e no norte da Austrália, como o de alta pressão, no Pacífico Oriental, se enfraquecem. O gradiente horizontal de PNM reduz-se e, conseqüentemente, os alísios diminuem de intensidade, chegando por vezes a tomar o sentido inverso na parte ocidental do Pacífico. Com isto, o transporte de águas e a ressurgência diminuem, o que dá lugar a uma série de fenômenos oceânicos entre os quais se destacam as ondas de Kelvin (deslocam-se internamente do Pacífico Ocidental para o Oriental, ocasionando um brusco aquecimento das águas de superfície próximas a costa oeste da América do Sul). É esse aquecimento anômalo da temperatura de superfície do mar nessa região que configura o El Niño. A convecção intensa se desloca sobre as águas anormalmente aquecidas, mudando a configuração da célula de Walker, fazendo com que o ar desça tanto sobre a Austrália e Indonésia como sobre a Amazônia e o Nordeste brasileiro, determinando escassez de chuvas nessas regiões (Molion, 1989).

Vergara (1993), trabalhando com dados de chuva da vertente Pacífica do Panamá em séries de no mínimo 20 anos, mostra sinais de simultaneidade entre a ocorrência de verânicos e as perturbações de grande escala em anos de episódio do El Niño-Oscilação Sul (ENOS). Ainda segundo este autor, a fase negativa da Oscilação Sul inibe a convecção, determinando menor duração da estação chuvosa.

Assim, propõe-se neste trabalho estudar as relações existentes entre Índice de Oscilação Sul (IOS) que expressa a fase e a intensidade do fenômeno El Niño e os desvios nos totais mensais de chuva para a região de Maringá-PR, podendo contribuir no sentido da previsão da quantidade de chuva, com base em valores de IOS de três a quatro meses anteriores. Objetiva ainda estudar a

distribuição sazonal e mensal dos totais de chuva para esta região.

### Metodologia

A série de dados sobre chuva foram adquiridos junto à Estação Climatológica Principal de Maringá (ECPM), pertencente à rede do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e montada junto ao Câmpus da Universidade Estadual de Maringá (UEM), e tem como coordenadas geográficas: Lat.: 23°25'S; Long.: 51°57'W e Altitude de 542 metros. O período de dados obtidos representam um total de 21 anos, iniciando em 1976 (entre 1976 e 1979 a ECPM estava localizada no Parque de Exposições da cidade e somente a partir de 21 de setembro de 1979 é que começou a operar no Câmpus da UEM), até o ano de 1996.

Serão utilizados ainda dados de Índice de Oscilação Sul (IOS), adquiridos junto à revista Climáanalise (1987-1994) e os demais anos adquiridos junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais/Centro de Análises Climáticas (INPE/CAC).

Os valores de IOS foram selecionados conforme metodologia proposta por Galvani e Pereira (1997) e foram considerados para a análise somente aqueles com os valores de IOS superiores ao módulo de 0,75, uma vez que valores inferiores podem não acarretar uma variação significativa em relação à circulação geral da atmosfera. Assim, correlacionou-se os valores de IOS com os desvios de chuva da média mensal para o período, com uso da expressão:

$$D.M. = T.C.M. - C.M.M.$$

onde:

D.M. = anomalia da média da chuva.

T.C.M. = total de chuva mensal.

C.M.M. = chuva média mensal (1976 a 1996).

Os D.M. inferior a +20,0mm e superior a -20,0mm também foram desconsiderados, justificado pela grande variação mensal do total de chuva em cada mês ao longo da série. Por fim, para melhor visualização gráfica dos dados, os valores de IOS foram multiplicados por dez, possibilitando uma melhor análise.

### Resultados e discussão

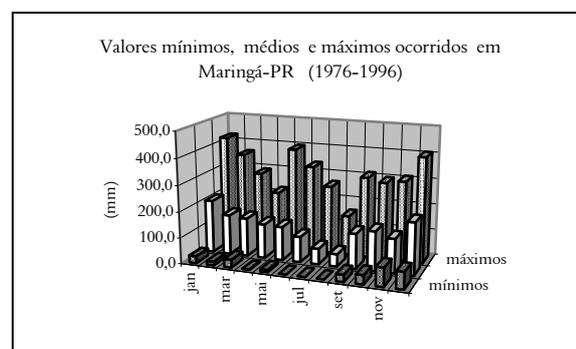
**Totais mensais e anuais de chuva.** Os dados médios de chuva para Maringá-PR caracterizam essa região em duas estações: uma chuvosa, com início em setembro e término em maio do ano seguinte e outra ligeiramente seca entre os meses de inverno, com mínimo médio em julho e agosto (60,6mm e

48,0mm, respectivamente), conforme podemos ver na Tabela 1 e Gráfico 1.

**Tabela 1.** Valores médios, máximos e mínimos de precipitação e percentual mensal em relação à média anual para Maringá-PR - período de 1976-1996

Meses	Registros mensais de precipitação					% mensal em relação a média anual (1976-1996)
	Médio	Máximo	Ano	Mínimo	Ano	
Janeiro	202,7	421,6	1990	27,6	1992	12,8
Fevereiro	153,6	359,0	1986	15,1	1976	9,7
Março	147,7	289,1	1977	31,1	1987	9,3
Abril	132,1	218,2	1981	2,3	1978	8,3
Mai	129,0	395,4	1992	8,7	1981	8,1
Junho	98,3	332,8	1983	0,0	1979	6,2
Julho	60,6	262,5	1978	0,0	1988	3,8
Agosto	48,0	152,6	1986	0,0	1988	3,0
Setembro	133,5	308,9	1983	27,8	1981	8,4
Outubro	150,8	295,4	1981	35,8	1977	9,5
Novembro	130,5	306,0	1987	71,7	1990	8,2
Dezembro	199,6	403,3	1981	65,7	1978	12,6
Ano	1.586,4					100,0

Fonte: Estação Climatológica Principal de Maringá - UEM/INMET



**Figura 1.** Chuva média mensal, e valores máximos e mínimos ocorridos entre 1976 e 1996 - Maringá-PR

Observa-se que os meses correspondentes ao verão (dez., jan., fev.) concentram 35,1% do total anual e os meses do inverno (jun., jul., ago.) representam 13,0% do total anual, caracterizando, portanto, em função da precipitação, um clima de tipo tropical. As demais estações de outono (mar., abr., mai.) e primavera (set., out., nov.) concentram, respectivamente, 27,3% e 26,1% do totais anuais de chuva. Ainda em relação à Figura 1, observa-se, a partir do término do inverno, uma tendência de aumento dos totais médios mensais. Contudo, o mês de novembro apresenta um ligeiro decréscimo em relação ao mês anterior, passando de 9,5% em outubro, para 8,2% em novembro. Esta redução dos totais em novembro deve-se ao fato de que alguns anos, como 1976, 1985, 1986, 1988, 1989 e 1990, apresentarem valores muito reduzidos em relação ao mês anterior, como, por exemplo, em 1988, que registrou 26,2mm. Este fenômeno é conhecido como veranico (ocorrência de um período com totais abaixo da média, em um período geralmente chuvoso) e pode afetar culturas que tiveram seus plantios

efetuados no mês de outubro, como, por exemplo, a soja e o milho, que na região são plantadas nesta época do ano.

**Correlação entre IOS e desvios de chuva.** Procurando correlacionar IOS com desvios de chuva, procedeu-se os cálculos dos coeficientes de correlação entre esses elementos. Para tanto, efetuou-se as correlações entre o IOS do mês e o desvio de chuva do mês subsequente, por exemplo, IOS de janeiro com desvio de fevereiro, IOS de janeiro com desvio de março, e assim sucessivamente até dezembro. Chegando-se ao maior coeficiente de correlação de  $-0,14$  e  $-0,13$  quando correlacionou-se IOS de janeiro com desvios de chuva de abril e maio, como se pode observar na Tabela 2. Assim, pode-se inferir que qualquer anomalia de temperatura e pressão ocorrida nas águas do Pacífico terão seus efeitos manifestados nesta região, com um atraso de três a quatro meses.

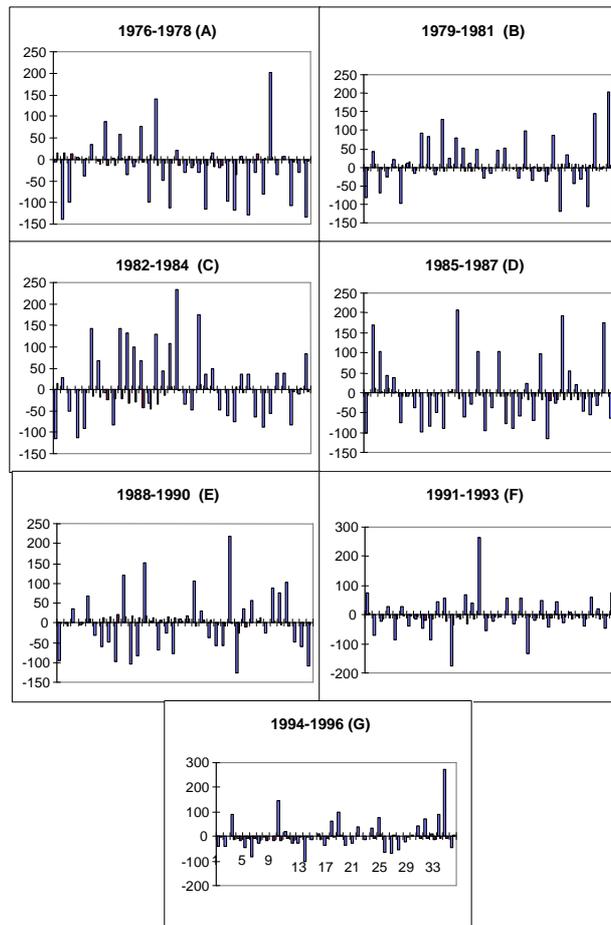
Rao e Rada (1990), correlacionando a variação anual das chuvas com a oscilação sul encontraram para seis estações da região sul do Brasil, uma correlação média de  $-0,41$ , ou seja, quando IOS apresenta valores negativos, o total de chuva apresenta-se acima da média

e vice-versa. Esses autores encontraram ainda, para o extremo norte do Brasil, correlação entre chuva e IOS da ordem de  $+0,60$ .

**Tabela 2.** Correlação entre IOS de janeiro e desvios de chuva, para os meses subsequentes

Janeiro - janeiro	-0,04
Janeiro - fevereiro	-0,10
Janeiro - março	-0,08
Janeiro - abril	-0,14
Janeiro - maio	-0,13
Janeiro - junho	-0,12
Janeiro - julho	-0,06
Janeiro - agosto	-0,10
Janeiro - setembro	-0,10
Janeiro - outubro	-0,04
Janeiro - novembro	-0,06
Janeiro - dezembro	+0,06

**Efeito de ENOS sobre os totais de chuva.** O efeito do El Niño Oscilação-Sul (ENOS) foi representado pelos valores de IOS e o estudo foi realizado com o acompanhamento mensal de IOS e os desvios de chuva. Os valores de IOS e os desvios de chuva encontram-se representados na Figura 2 (A, B, C, D, E, F e G).



**Figura 2.** Relações entre IOS (multiplicado por 10) e Desvios de chuva para Maringá-PR, período 1976-1996

**Tabela 3.** Valores qualitativos de IOS e desvios de chuva, percentagem dos meses com o fenômeno El Niño em relação a todos os meses do período

IOS	Desvio de chuva	Total de meses	% de meses com o fenômeno El Niño	% de meses com o fenômeno El Niño em relação ao total de meses do período
IOS positivo	desvio positivo	10	12,0	3,9
IOS positivo	desvio negativo	13	15,7	5,1
IOS negativo	desvio positivo	39	47,0	15,5
IOS negativo	desvio negativo	21	25,0	8,3
IOS (-0,75 e +0,75)	--	132		52,0
--	desvio >  20,0mm	37		14,8
--	--	meses	83	252

Fonte de dados brutos: ECPM/UEM/INMET e INPE/CAC

Com base na metodologia proposta, os valores de IOS entre -0,75 e + 0,75, e os desvios de chuva entre -20,0mm e + 20,0mm foram desconsiderados na análise. Após a análise dos dados, chegou-se ao quadro acima.

Observa-se, através da Tabela 3, que em 47% dos meses com ocorrência do El Niño, de intensidade moderada e forte, os desvios do total mensal de chuva estiveram acima da média (20,0mm), evidenciando a relação entre o fenômeno e o total de chuva da região em estudo, indicando que existe uma possibilidade de se saber a tendência do total de chuva para Maringá-PR, com três a quatro meses de antecedência.

### Referências bibliográficas

- Carrasco, S.; Santander, H. The El Niño event and its influence on the zooplankton of Peru. *J. Geophys. Res.*, 92(c13):14405-14410, 1987.
- Cucalon, E. Oceanographic variability of Ecuador associated with El Niño event in 1982-1983. *J. Geophys. Res.*, 92(c13):14309-14322, 1987.
- Galvani, E. *El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e seus efeitos nas variações das chuvas na cidade de Piracicaba-SP*. Piracicaba, 1995. (Master's Thesis in Agronomy) - Dep. de Física e Meteorologia, ESALQ/USP
- Galvani, E.; Pereira, A.R. El Niño-Oscilação Sul (ENOS), quantificação e classificação da intensidade do fenômeno. CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10, 1997, Piracicaba. *Anais...* Piracicaba: SBA, 1997.
- Garnett, E.R.; Klandekar, M.L. The impact of large-scale atmospheric circulations and anomalies on Indian Monsoon droughts and floods and in world grain yields - a statistical analysis. *Agricult. Forest Meteorol.*, 61:113-28, 1992.
- Molion, L.C.B. Enos e o clima no Brasil. *Ciência Hoje*, 10(56):24-29, 1989.
- Nimer, E. *Climatologia do Brasil*. 2.ed. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1989, 442p.
- Quinn, W.H.; Neal, V.T.; Mayolo, S.E.A. de. El Niño occurrences over the past four and half centuries. *J. Geophys. Res.*, 92(13):14449-61, 1987.
- Rao, V.B.; Hada, K. Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the southern oscillation. *Theor. Appl. Climatol.* 42:81-91, 1990.
- Torres-Moye, G.; Alvarez-Borrego, S. Effects on the 1984 El Niño on the summer phytoplankton of baja California upwelling zone. *J. Geophys. Res.*, 92(c13):14383-14386, 1987.
- Tovar, H.; Guillén, V.; Cabrera, D. Reproduction and population levels of Peruvian Guano birds, 1980 to 1986. *J. Geophys. Res.*, 92(c13):14445-14448, 1987.
- Vergara, C.O.O. Caracterização da estação chuvosa na vertente Pacífica do Panamá. São Paulo, 1993. (Master's Thesis in Meteorology) - Departamento de Ciências Atmosféricas.

Received on May 12, 1998.

Accepted on August 03, 1998.