

# SINAIS DE EL NIÑO NA PRECIPITAÇÃO DA AMAZÔNIA

Alice M. Grimm (1); Paulo Zaratini; José Marengo

(1) Grupo de Meteorologia - Universidade Federal do Paraná  
Depto de Física – Caixa Postal 19081 – CEP 81531-990 – Curitiba – Paraná  
E-mail: grimm@fisica.ufpr.br – Fax: (041) 267-4236

## ABSTRACT

The influence of El Niño events on the precipitation over North Brazil is verified through the analysis of data from 125 stations. The spatial and temporal distribution of this influence along the cycle of these events and an assessment of its consistency is obtained.

**Palavras-chave:** Previsão de tempo e clima, El Niño, Amazônia.

## RESUMO

A influência de eventos El Niño sobre a precipitação da Região Norte é verificada através da análise de dados de 125 estações, obtendo-se a distribuição espacial e temporal do impacto destes eventos ao longo de todo o seu ciclo e uma avaliação da sua consistência.

### 1. Introdução

O Norte do Brasil (compreendendo Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima), assim como o norte da América do Sul, tem sido incluído entre as regiões do globo nas quais a precipitação é significativamente influenciada por eventos El Niño (EN) (e. g., Ropelewski e Halpert, 1987; Kiladiz e Diaz, 1989). Contudo, tais estudos incluem poucas estações nessa região (menos de 10), o que impede a generalização dos resultados para toda a região e a formação de um quadro mais detalhado e conclusivo. Rao e Hada (1990) acharam correlação positiva significativa entre o índice da Oscilação Sul (IOS) e a precipitação em certas partes da região. A correlação foi positiva na parte nordeste para a primavera e para a parte norte no inverno, indicando chuva abaixo do normal durante EN. Na parte leste, junto à Região Nordeste, a correlação foi negativa para o verão, indicando excesso de chuva.

No presente trabalho a influência de eventos EN sobre a precipitação da Região Norte é avaliada com base num conjunto mais amplo de dados, de modo a se obter a distribuição espacial e temporal do impacto destes eventos ao longo de todo o seu ciclo e uma avaliação da sua consistência.

### 2. Dados e Metodologia

Foram utilizados totais mensais de precipitação de 125 estações no Norte do Brasil, cujas séries abrangem pelo menos 5 eventos EN. Estas séries provêm principalmente de estações da ANEEL e INMET. Os dados foram submetidos a uma análise prévia para verificação de dados duvidosos e dados faltantes. Os eventos considerados neste estudo (Tabela 1) são aqueles utilizados em Grimm et al. (1998b).

TABELA 1. Lista de eventos El Niño incluídos neste estudo

|                   |                                                                                                                                          |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Episódios El Niño | 1911,1913, 1915, 1918, 1923, 1925, 1930, 1932, 1939, 1941, 1944, 1951, 1953, 1957, 1963, 1965, 1969, 1972, 1976, 1979, 1982, 1986, 1991. |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Para ter um quadro geral do impacto desses eventos sobre todo o Brasil, foi utilizada a mesma metodologia de Grimm et al. (1998b), baseada em Ropelewski e Halpert (1987), resumida abaixo. Os primeiros três passos fornecem a estrutura espacial das anomalias de precipitação e dos três últimos passos resulta sua distribuição temporal e consistência.

- 1) Em cada estação, os totais mensais de chuva são representados como percentis de ordem. Composições destes percentis para eventos EN são formados para o período de 24 meses de julho (-) (ano anterior) a junho (+) (ano seguinte a um episódio).
- 2) O primeiro harmônico de Fourier de cada composição é representado por um vetor (amplitude e fase). A fase dos vetores refere-se ao máximo do primeiro harmônico.
- 3) Regiões de anomalias de chuva coerentes durante esses episódios são selecionadas, através da maximização de um índice de coerência, que é dado pela razão entre o módulo do vetor soma e a soma dos módulos dos vetores para todas as estações numa região.
- 4) Os totais mensais de precipitação para cada estação são transformados em percentis de distribuições gama ajustadas aos dados de cada mês do ano. Uma correção é introduzida nas distribuições gama quando há várias ocorrências de zeros nas séries.
- 5) Composições para eventos EN são formadas a partir dos percentis de precipitação para cada estação para o período de 36 meses de janeiro (-) a dezembro (+) e uma média de todas essas composições é formada para cada região coerente. Esta composição agregada é usada para identificar os períodos dentro do ciclo de EN com as maiores anomalias médias. Ressalta-se que muitas vezes grandes anomalias não são consistentes, isto é, não se pode afirmar que estejam associadas com eventos EN. A consistência é avaliada a seguir.
- 6) Séries temporais de precipitação sobre trimestres móveis no período de 36 meses centrados num evento são analisadas para avaliar a significância estatística da relação entre eventos EN e anomalias de precipitação, utilizando-se a distribuição hipergeométrica, conforme explicado em Grimm et al. (1998b).

### 3. Resultados e conclusões

A Figura 1 mostra as regiões com índice de coerência acima de 95%. Verifica-se que a precipitação na Região Norte não responde de forma homogênea a eventos EN. Contudo, sobre a maior parte da região há aspectos comuns nessa resposta. A direção dos vetores não indica necessariamente o período de máxima anomalia de precipitação para EN, mas o máximo do primeiro harmônico.

Na Tabela 2 são mostrados os níveis de significância (em %) do teste da hipótese de que as anomalias são consistentemente secas (s) ou úmidas (u) durante eventos EN, sem consideração pela magnitude das anomalias. Foram incluídos apenas os valores para o teste da hipótese que resultou em maior valor. Quanto maiores os valores, mais consistentes as anomalias. Verifica-se que a região 1, no Estado de Tocantins, apesar de apresentar tendência significativa a seca durante o outono/inverno (0), não sofre impacto tão forte, da mesma forma que parte do Nordeste (Grimm et al., 1998a). A Amazônia, contudo, tem sofrido consistente seca durante eventos EN, como se pode ver para as regiões 2, 3 e 4. Na região 2 há anomalias significativas desde o outono (0) até o outono (+), o que se repete, sem tanta consistência, na região 4. A região 3 tem anomalias mais concentradas no ano (+). As anomalias úmidas do ano (-), na maior parte não significativas, devem-se à tendência bianual da Oscilação Sul, sendo freqüente a ocorrência de pares de eventos LN/EN e EN/LN. Neste

caso, o ano (-) de EN coincide com um ano (0) de La Niña, durante o qual há tendência a chuva acima do normal (Grimm et al., 1998c).

Esses resultados são coerentes com os de Ropelewski e Halpert (1987) e parcialmente consistentes com os de Rao e Hada (1990), exceto pelas tendências no verão.

Há vários mecanismos que podem ser responsáveis pela seca na Amazônia associada a eventos EN. Durante esses episódios a temperatura no Atlântico tropical norte tende a ser maior que o normal durante o outono do ano (+) (Enfield e Mayer, 1997). Com isto, os alísios de nordeste, que trazem umidade do Atlântico para o norte do Brasil tendem a enfraquecer, enquanto os alísios de sudeste se intensificam, cruzando o equador. A Zona de Convergência Intertropical desloca-se para norte. Estes efeitos tendem a diminuir a chuva na Amazônia. Além disso, durante EN a convecção na costa norte do Peru tende a produzir uma subsidência compensatória a leste dos Andes. Estes mecanismos afetam principalmente a parte norte da Amazônia, que se comporta de forma mais uniforme, como mostra a Fig. 1. Na parte sul também há anomalias negativas de precipitação durante EN, mas não de forma tão coerente, como se conclui da dispersão dos vetores nessa região. Nesta parte, há dependência de outros mecanismos dinâmicos, como frentes e padrões de ondas vindos do Pacífico, que alteram a influência de EN.

Embora esses mecanismos possam agir em conjunto, cada um deles tende a produzir maior impacto em uma fase do ciclo de EN e com mais intensidade em certa região. Isto resulta na regionalização da Fig. 1.

Pode-se, portanto, afirmar que a Amazônia realmente sofre um impacto consistente durante eventos EN no sentido de diminuição da precipitação.

*Agradecimentos.* Ao CNPq, pelo suporte à pesquisa e também ao auxílio da Funpar (UFPR). A Daniel Weingaertner e Rodrigo Siqueira, pelo suporte técnico, e Andréa de O. Cardoso e Angela A. Natori, pela colaboração no processamento dos dados. A ANEEL pela cessão dos dados.

### **Referências Bibliográficas**

- Enfield, D. B. e D. A. Mayer, 1997: Tropical Atlantic sea surface temperature variability and its relation to El Niño-Southern Oscillation. *J. Geophys. Res.*, **102**, 929-945.
- Grimm, A. M., S. E. T. Ferraz e A. O. Cardoso, 1998a: Influência de El Niño sobre a chuva no Nordeste brasileiro. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia. Sociedade Brasileira de Meteorologia.
- Grimm, A. M., S. E. T. Ferraz and J. Gomes, 1998b: Precipitation anomalies in Southern Brazil associated with El Niño and La Niña events. *J. Climate* (em publicação).
- Grimm, A. M., P. Zaratini e J. Marengo, 1998c: Sinais de La Niña na precipitação da Amazônia. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia. Sociedade Brasileira de Meteorologia.
- Kiladis, G. N. and H. F. Diaz, 1989: Global climatic anomalies associated with extremes in the Southern Oscillation. *J. Climate*, **2**, 1069-1090.
- Rao, V. B. e K. Hada, 1989: Characteristics of rainfall over Brazil: annual variations and connections with the Southern Oscillation. *Theor. Appl. Climatol.*, **42**, 81-90.
- Ropelewski, C. H., and S. Halpert, 1987: Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 1606-1626.

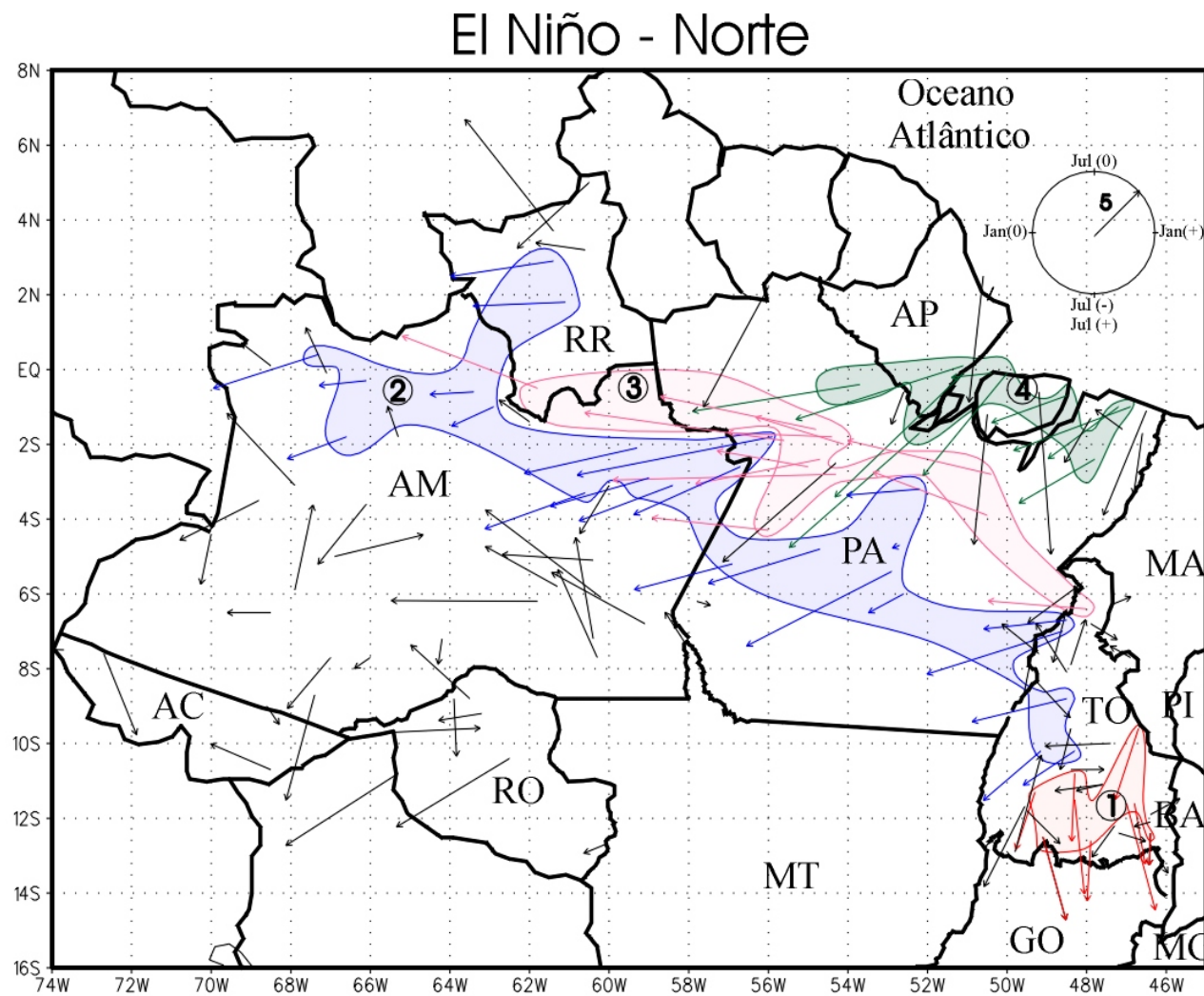


Figura.1. Amplitudes e fases do primeiro harmônico ajustado à composições de percentis de precipitação mensais para eventos El Niño, no período julho(-) - junho(+). As fases e magnitudes dos vetores estão indicados no canto superior direito. As fases se referem ao mínimo do primeiro harmônico. As regiões espacialmente coerentes estão numeradas.

|                  | <b>Região 1</b> | <b>Região 2</b> | <b>Região 3</b> | <b>Região 4</b> |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Jan(-) a Mar(-)  | 64,71 s         | 65,43 s         | 33,08 s         | 62,54 u         |
| Fev(-) a Abr(-)  | 45,02 s         | 72,62 s         | 96,49 s         | 56,08 s         |
| Mar(-) a Mai(-)  | 44,27 s         | 41,97 s         | 41,35 s         | 46,54 s         |
| Abr(-) a Jun(-)  | 41,95 u         | 39,05 s         | 41,35 s         | 41,35 s         |
| Mai(-) a Jul(-)  | 76,50 u         | 52,52 u         | 49,82 u         | 40,70 u         |
| Jun(-) a Ago(-)  | 22,73 u         | 69,07 u         | 66,92 u         | 63,16 u         |
| Jul(-) a Set (-) | 42,86 u         | 76,43 u         | 31,58 u         | 90,23 u         |
| Ago(-) a Out(-)  | 44,99 u         | 31,34 s         | 58,05 s         | 55,04 u         |
| Set(-) a Nov(-)  | 55,73 u         | 57,83 s         | 59,40 s         | 63,16 u         |
| Out(-) a Dez(-)  | 45,02 u         | 50,00 s         | 76,71 s         | 40,70 u         |
| Nov(-) a Jan(0)  | 45,02 u         | 72,61 u         | 70,68 u         | 40,70 u         |
| Dez(-) a Fev(0)  | 50,00 s         | 86,97 u         | 85,24 u         | 55,04 u         |
| Jan(0) a Mar(0)  | 74,21 u         | 72,61 u         | 45,02 u         | 62,54 u         |
| Fev(0) a Abr(0)  | 45,02 s         | 34,31 s         | 81,51 u         | 59,42 u         |
| Mar(0) a Mai(0)  | 44,27 s         | 91,59 s         | 35,29 u         | 30,65 s         |
| Abr(0) a Jun(0)  | 89,95 s         | 90,28 s         | 35,29 u         | 64,71 s         |
| Mai(0) a Jul(0)  | 94,51 s         | 72,57 s         | 34,43 s         | 81,84 s         |
| Jun(0) a Ago(0)  | 22,73 u         | 93,76 s         | 45,02 u         | 95,67 s         |
| Jul(0) a Set (0) | 42,86 u         | 98,71 s         | 31,58 u         | 97,69 s         |
| Ago(0) a Out(0)  | 44,99 u         | 85,30 s         | 41,95 u         | 52,32 s         |
| Set(0) a Nov(0)  | 44,27 s         | 86,96 s         | 59,40 s         | 77,09 s         |
| Out(0) a Dez(0)  | 87,41 s         | 81,09 s         | 76,71 s         | 44,27 s         |
| Nov(0) a Jan(+)  | 54,98 s         | 98,90 s         | 93,30 s         | 81,84 s         |
| Dez(0) a Fev(+)  | 50,00 u         | 100,00 s        | 98,86 s         | 68,42 s         |
| Jan(+)           | 41,35 s         | 98,90 s         | 87,41 s         | 60,45 s         |
| Fev(+)           | 66,92 s         | 77,00 s         | 87,41 s         | 79,32 s         |
| Mar(+)           | 59,30 s         | 66,78 s         | 91,95 s         | 70,38 s         |
| Abr(+)           | 70,81 s         | 63,72 s         | 91,95 s         | 64,71 s         |
| Mai(+)           | 79,02 s         | 94,07 s         | 95,25 s         | 44,27 s         |
| Jun(+)           | 18,18 u         | 41,08 u         | 98,76 s         | 40,60 u         |
| Jul(+)           | 35,24 u         | 88,22 u         | 93,30 s         | 31,58 u         |
| Ago(+)           | 68,42 s         | 80,22 u         | 58,05 s         | 68,42 s         |
| Set(+)           | 59,30 s         | 40,43 s         | 89,47 s         | 59,40 s         |
| Out(+)           | 66,92 u         | 32,24 s         | 38,01 s         | 81,84 s         |

Tabela 2. Nível de significância (%) do teste da hipótese de que os períodos indicados são mais úmidos (u) ou mais secos (s) que o normal durante eventos El Niño, dentro das regiões coerentes indicadas. Foram incluídos apenas os níveis de significância para o teste da hipótese que resultou em maior valor. Valores acima de 90% estão destacados.