

Variabilidade da estação seca na Amazônia

Guillermo O. Obregón e Carlos A. Nobre.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais-INPE

Centro de previsão e Estudos Climáticos-CPTEC

ABSTRACT

Regional characteristics of the daily annual mean rainfall are analyzed through Hovmoller diagrams, and the mean dry season of the Amazonian and its inter-annual variability are determined using daily data from 1979-1993. Dry season is estimated as the maximum spell dry (threshold 1mm). The extreme Southeast region displays the maximum spell dry and the minimum coefficient of variation. It means that in this region long spell dry occur with regularity. The Tropical Pacific SST appears to be the leading drive to rule the Amazon rainfall in dry season. It operates by two mechanisms: directly, strength the wave train in the middle latitude of South Pacific, and through teleconnections, forcing large scale patterns such as the PNA and NAO.

RESUMO

Características regionais da precipitação média diária anual são analisadas com a utilização do diagrama de Hovmoller. Determina-se a média e a variabilidade interanual da estação seca da Amazônia a partir de dados diários de 15 anos (1979-1993). A estação seca é calculada como o período máximo sem precipitações contínuas (limiar 1mm). A região de extremo sudeste apresenta o maior período de dias sem chuva, e apresenta o menor cv, indicando que períodos longos sem chuva são esperados com regularidade. A TSM do Pacífico Tropical parece ser a forçante principal que controla a estação seca. A sua atuação é mediante dois mecanismos, um é direta através da intensificação das ondas sobre o Pacífico Sul, nas latitudes médias, e outra mediante teleconexões, forçando a padrões de grande escala, tais como o PNA e NAO.

1-INTRODUÇÃO

Nos últimos anos tem-se aprofundado estudos observacionais e de modelagem sobre o clima da Amazônia, particularmente em relação ao impacto do desmatamento na variabilidade climática regional e global. Estudos sobre a duração da estação seca sobre a Amazônia são limitados pela pobre distribuição geográfica das estações de observação e falta de registros longos e consistentes. Fenômenos de escala global, tal como o “El Niño/ Oscilação Sul” (ENOS), afeta o ciclo hidrológico regular da Amazônia, particularmente, durante o período chuvoso, quando são registrados os picos de intensidades máximas.

Sombroek (2001) determinou a intensidade da estação seca, baseado em dados mensais de períodos, não homogêneos, e registros com um mínimo de 30 anos, calculando os meses consecutivos com precipitações inferiores que 100 mm, 50 mm e 10 mm. Por outro lado, a frequência da secas sobre a Amazônia, particularmente durante eventos climáticos extremos,

torna-se um previsor importante na determinação dos limites entre a floresta e a savana da Amazônia (Hutyra, et al, 2005).

Assim, o objetivo do presente estudo é determinar a variabilidade da duração da estação seca sobre a Amazônia, a partir de dados diários, para um período contínuo e homogêneo de 15 anos, e determinar as possíveis causas físicas de sua variabilidade. Pretende-se com isto trazer subsídios para planificação agrícola e monitoramento mais eficaz das queimadas sobre a Amazônia.

2 – MATERIALES E MÉTODOS

Séries temporais de precipitações diárias em pontos de grade de $2^\circ \times 2^\circ$ sobre a Amazônia brasileira, para o período de quinze anos (1979 – 1993), são a base deste estudo. Mediante o diagrama de Hovmoller de três cortes, selecionados sobre a Amazônia, que caracterizam a distribuição espacial da precipitação média diária anual, analisa-se o ciclo anual da precipitação média diária. No cálculo da estação seca procedeu-se do seguinte modo: 1) o período de estiagem de cada ano é computado como o período máximo sem precipitação maior que 1 mm/dia; 2) a partir dessas séries, calcularam-se as médias anuais para cada ponto de grade e a variabilidade interanual para a Amazônia como um todo. Os dois casos extremos são os anos que apresentaram a menor e maior média de todo o período do estudo. Para estes dois casos calcularam-se as anomalias de função corrente em 300 hPa, com o intuito de obter alguma explicação física através da circulação em altos níveis associadas a estes dois eventos.

3 – RESULTADOS

A precipitação média diária anual sobre a Amazônia (fig. 1) do período de estudo (15 anos) apresenta a distribuição espacial característica observada em estudos anteriores, com máximos em torno dos 3100 mm/ano sobre o extremo oeste e mínimos ao redor de 1500 mm/ano sobre o extremo sudeste. O padrão espacial do coeficiente de variabilidade (cv) segue inversamente o padrão de precipitação, e os valores se duplicam entre o núcleo de precipitação máxima e a região de mínimas. Valores maiores de cv estendem-se do sul da Amazônia, sobre os valores menores de precipitação, localizados entre os núcleos de máxima da região noroeste e a Foz do rio Amazonas. Similar configuração é observada com valores mínimos de cv, partindo do noroeste em direção ao sudeste.

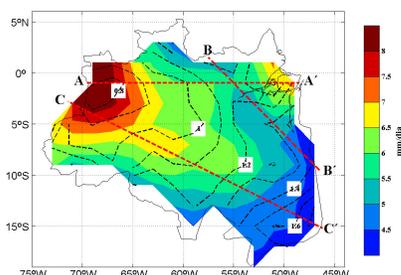


Figura 1 – Média diária da precipitação anual sobre a Amazônia (1979 – 1993). A barra indica a intensidade da precipitação (mm/dia). Linhas pretas (vermelhas) tracejadas indicam o cv (cortes para diagramas de Hovmoller).

Os cortes AA', BB' e CC' (fig. 2 a-c) feitos ao longo das características particulares da distribuição espacial da precipitação sobre a Amazônia são as bases das análises do ciclo anual médio do período de estudo, mediante diagramas de Hovmoller. No corte AA', entre o núcleo de máxima precipitação e a Foz do rio Amazonas (fig. 2 a) observa-se que durante o ano as precipitações sobre toda esta região são superiores a 1 mm/dia. Entre 55° W e 59° W, ocorrem as precipitações mínimas, inferiores a 5 mm/dia, num período maior que nas outras áreas, estendendo-se aproximadamente desde abril a novembro, e um período, relativamente chuvoso, entre novembro e março. Sobre o extremo oeste, as chuvas são abundantes durante o ano todo, com valores maiores que 7 mm/ dia e picos em torno de 11 mm/dia a 13 mm/dia nos meses de abril e maio. Um ciclo sazonal bastante diferenciado é observado sobre a Foz do rio Amazonas. O período chuvoso é intenso entre janeiro e abril, com valores de até 17 mm/dia, e o período seco, entre setembro e dezembro, com precipitações inferiores que 3 mm/dia. A variação climática anual da precipitação ao longo da língua de baixas precipitações sobre a Amazônia, paralela à costa (fig. 2 b), apresenta dos períodos com características regionais particulares, relacionados ao deslocamento sazonal da precipitação que se inicia em dezembro nas adjacências do sul da Amazônia. Ao sul de 51° W – 5° S observa-se um período seco, com precipitações que não alcançam 1 mm/dia, entre maio e agosto e meses com intensa precipitação, maiores que 5 mm/dia, entre dezembro e maio sobre quase toda esta região. Entre o núcleo de máxima precipitação e o extremo sul da Amazônia (fig. 2 c), o ciclo sazonal é bem mais diferenciado que nas outras duas regiões. Na parte central e sul da Amazônia existe um período seco que diminui de sudeste a noroeste, com quase 5 meses de estiagem no extremo sudeste, e 1 mês ao redor da região central. As máximas precipitações são observadas sobre a região central, com valores de 13 mm/dia, no mês de janeiro.

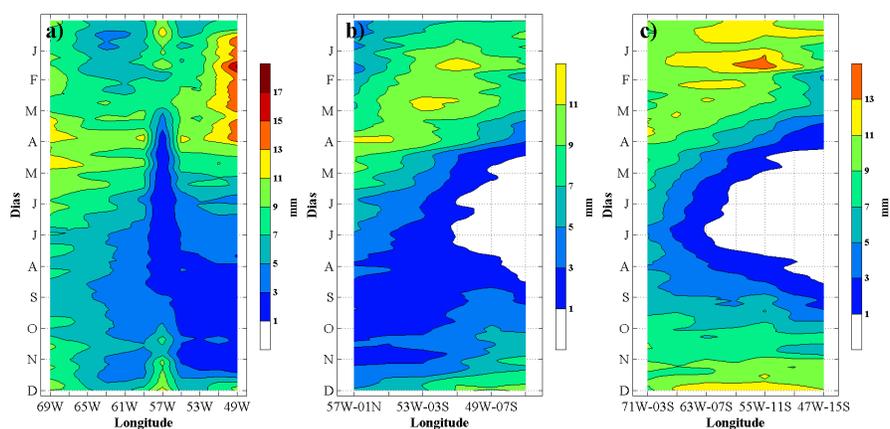


Figura 2 – Diagramas de Hovmoller das médias diárias de precipitação de 1979 a 1993, ao longo dos cortes indicados na figura 1. a) Linha AA', b) Linha BB' e, c) Linha CC'. A barra indica os valores da precipitação diária.

3.2 – *Estiagem média e variabilidade interanual*

Na figura 3 mostra-se a distribuição da duração média da estação seca de 15 anos (1979-1993), sobre a Amazônia. Observa-se um gradiente acentuado nordeste-sudeste de dias sem precipitação entre a região sul, com períodos de estiagem média máximos de ao redor de 90 dias, e valores de estiagem mínimos ao longo do equador, com valores inferiores que 10 dias. O coeficiente de variabilidade indica que sobre as regiões com valores mínimos sem dias com chuva há, relativamente, maior variabilidade interanual que nas regiões com maiores dias de estiagem, o qual indica que nesta última região os períodos de estiagem prolongados são esperados com regularidade. Outra característica a ressaltar é que não existe alguma evidência de que a causa das precipitações relativamente menores, observas na região paralela à costa norte, deve-se a períodos de estiagem maiores do que seu entorno nas direções latitudinais.

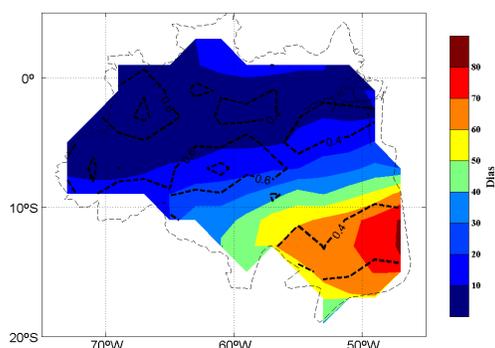


Figura 3 – Média anual da estação seca na Amazônia para o período 1979 a 1993. A barra indica o numero de dias secos e as linhas pretas tracejadas indicam o seu cv.

Na variabilidade interanual da estação seca da Amazônia (fig. 4), observa-se que os valores mínimos ao longo dos anos é quase constante e menor que 4 dias. Isto significa que não houve períodos menores que 4 dias sem chuva (limiar de 1mm) sobre algum lugar da Amazônia. É lógico se pensar que isto ocorre ao longo do equador, particularmente sobre o noroeste onde a probabilidade incondicional de dias úmidos é muito alta (Obregón, 2003). Os valores médios encontram-se dentro do range de 15 dias a 40 dias, com alta variabilidade espacial, como indicado pelos desvios padrões de cada ano. Do mesmo modo, os valores máximos de da estação seca apresentam alta variabilidade, com valores entre 90 e 130 dias, com exceção dos anos de 1989 e 1990, onde estes valores foram entre 45 e 55 dias, respectivamente. Os valores médios e máximos, parecem não ter alguma relação com o fenômeno ENOS, desde que as correlações entre o IOS e os valores médios e máximos dos meses de JJAS, não são significativos, com valores em torno de -0.30. Porém, observa-se que durante a fase quente de 1982, nos meses de JJAS, os períodos de estiagem média e, particularmente, a máxima apresenta valores baixos. Este comportamento foi inverso na fase fria no ano 1988. Já, nos anos 1987 e 1991, fases quentes, não se observam as relações anteriores e este mesmo comportamento é observado durante os anos da fase fria, 1984 e 1985.

Determinou-se que somente os valores máximos da estação seca e os índices do Pacífico - América do Norte (PNA) e do Atlântico Norte (NAO) apresentam correlações significativas, com valores de -0.54 (significância de 95%) e -0.44 (significância de 90%), respectivamente.

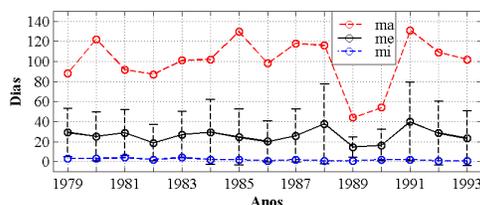


Figura 4 – Variabilidade interanual da estação seca sobre a Amazônia (1979 – 1993). Linha vermelha (azul) tracejada indica valores máximos (mínimos) observados. Linha preta indica as médias de dias sem chuva, indicando o valor de um desvio padrão.

Com o intuito de obter explicação física coerente das correlações intensas inversas entre o PNO e o NAO e os valores máximos da estação seca, calcularam-se as anomalias da função corrente do nível de 300 hPa dos meses de junho a setembro, dos anos de 1989 e 1991 (fig. 5 a-b), identificados como anos muito úmido e muito seco (fig. 4),

As anomalias do ano 1989 (fig. 5 a), ano úmido, mostram que o PNO e o NAO praticamente não estão presentes, e no hemisfério sul existe um trem de ondas muito intenso em latitudes maiores que 30° S, entre 180°W e 0°W. Este trem de ondas parece ser uma junção de dois outros trens de onda ao redor da linha de data, sendo que um deles se desloca do sul da África e o outro da região tropical, centrado em 150° W. Por outro lado, nos meses de junho a setembro, do ano seco 1991 (fig. 5 b) observa-se os padrões, tanto o NAO quanto do PNA, e no hemisfério sul, aparece um trem de ondas muito diferente da observada no ano úmido. Este trem de ondas além de ser menos intenso, apresenta sinal inverso ao observado no ano úmido.

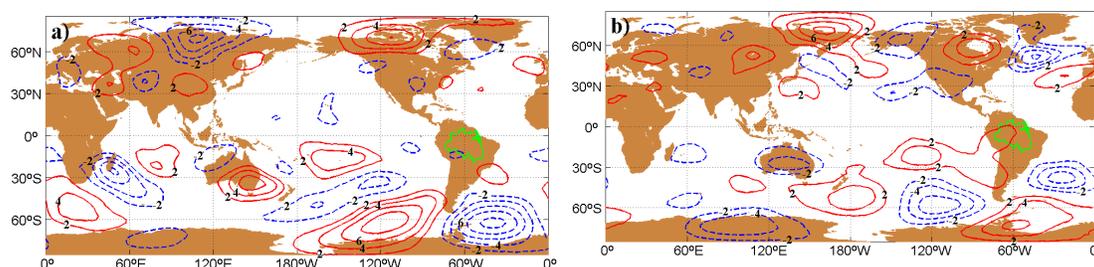


Figura 5 – Anomalias da função corrente no nível de 300 hPa, dos meses de junho a setembro, em relação ao período de 1979-1993. a) Ano de 1989 (extremo chuvoso) e b) ano de 1991 (extremo seco). Contornos das anomalias são cada $2 \times 10^6 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$.

4 – DISCUÇÃO E CONCLUSÕES

No presente trabalho estudou-se a variabilidade da estação seca da Amazônia, baseados e dados diários em pontos de grade do período de 1979-1993. Os diagramas de Hovmoller de três cortes mostram que o ciclo anual da precipitação sobre a Amazônia apresenta características regionais muito particulares. A distribuição espacial da duração da estação seca

mostra que o extremo sul da Amazônia apresenta os maiores valores de dias sem precipitação ao mesmo tempo de que a variabilidade interanual é relativamente menor que nas demais regiões, o qual indica de que os períodos prolongados de estiagem são mais recorrentes sobre esta região. Estes resultados são similares ao encontrados por Sombroek (2001) no seus cálculos para meses contínuos com precipitações inferiores que 50 mm e 10 mm.

A causa de uma prolongada estação seca sobre a Amazônia, como um todo, não parece estar relacionado fortemente com o ENOS, desde que o coeficiente de correlação entre a média e máxima anual da estação seca e o IOS dos meses de junho a setembro não é significativo. Porém, uma revisão cuidadosa indica que existe uma relação inversa intensa entre as fases quente e o período sem chuvas em alguns anos, pelo qual não se pode generalizar esta relação. Por outro lado, a correlação entre a duração da estação seca e o NAO e PNA, mostra a complexidade da precipitação sobre a Amazônia durante esta estação. Em 1989, ano úmido, registraram-se valores normais de IOS nos meses de junho a setembro e ligeiras anomalias negativas de TSM sobre o Pacífico Tropical (não mostrado), não se observa os padrões do NAO e PNA, mas um trem de ondas muito intenso sobre o hemisfério sul, com valores positivos sobre 60° S- 120° W. Esta configuração facilitaria a penetração de ondas frontais ao continente Sul Americano, como o sugerido por Kayano (1999), que gerariam precipitações sobre a Amazônia durante a estação seca. Isto aconteceria inclusive com uma menor advecção de umidade sobre a Amazônia como a deste ano (figura no mostrada), em relação ao ano de 1991 que se vê favorecido pela intensificação do Anticiclone de Atlântico Norte, relacionado à fase positiva do NAO. Já em 1991, ano seco (com anomalias positivas de TSM sobre o Pacífico Tropical), com os padrões do PNA e NAO nítidos e o trem de ondas das latitudes médias sobre o Pacífico Sul fracas, não favoráveis para uma estação seca prolongada.

Assim, pode-se concluir que o período da estação chuvosa sobre a Amazônia está modulado pela circulação de grande escala, sendo a TSM do Pacífico Tropical, a forçante principal, dando condições adequadas ao ingresso de sistemas extratropicais à Amazônia, os que a sua vez forçam a advecção e chuvas de diversas intensidades sobre a Amazônia.

5 – BIBLIOGRAFIA

- Hutyra, L. R., J. W. Munger, C. A. Nobre, S. R. Saleska, S. A. Vieira, S. C. Wofsy, 2005: Climatic variability and vegetation vulnerability in Amazônia. *Geophys. Res. Lett.* 32, L24712, doi:10.1029/2005GL024981, 2005
- Kayano, M. T, 1999: Southeastern Pacific Blocking Episodes and their Effects on the South American Weather. *Meteorol. Atmos. Phys.* 69(3-4), p. 145-155.
- Obregon, G.O., 2003: Dinâmica da variabilidade climática da precipitação sobre América do Sul, *Teses de doutorado em Meteorologia*. INPE-8604-TDI/786
- Sombroek, W, 2001: Spatial and Temporal Patterns of Amazon Rainfall: Consequences for the Planning of Agricultural Occupation and the Protection of Primary Forests. *Ambio*, 30(7) p. 388-396.